

LEANDRO ALEBRANTE

**FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MANTIDOS EM DIFERENTES  
AMBIENTES TÉRMICOS DOS 15 AOS 30 kg**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

LEANDRO ALEBRANTE

**FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MANTIDOS EM DIFERENTES  
AMBIENTES TÉRMICOS DOS 15 AOS 30 kg**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 11 de fevereiro de 2010.

---

Prof. Aloizio Soares Ferreira  
(Co-Orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Rita Flávia Miranda de Oliveira  
(Co-Orientadora)

---

Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva

---

Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

---

Prof. Juarez Lopes Donzele  
(Orientador)

Aos meus pais, Leovaldo Alebrante e Ivete Iloni Felini Alebrante

A minha irmã, Lissandra

A todos os demais familiares

**Dedico e Ofereço.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por permitir que com saúde eu concretizasse mais um sonho.

Ao meu pai Leovaldo, pelos sábios ensinamentos nos momentos cruciais da minha vida, pelo otimismo de sempre e, por ser simplesmente o melhor pai do mundo. Grato pai!

A minha mãe Ivete, pelas preces, pelo amor e carinho de sempre e, por compreender minha ausência nesses tantos dias longe de casa. Graças Mãe!

A minha irmã, Lissandra, por acreditar, lutar e torcer pelo mano nesses anos todos.

Ao sobrinho Caio, ao cunhado Carlos, aos avôs Leopoldo e Terezinha e todos demais familiares pela torcida e apoio. Aos avôs Vily e Olívia (*in memorian*).

A Mayra por todo o carinho, amor, compreensão, paciência e companheirismo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao PRONEX/FAPEMIG por financiarem o projeto de pesquisa.

A empresa Vitamix Nutrição Animal LTDA em especial ao Dalton Luiz dos Santos por ter me possibilitado a primeira experiência profissional e pela amizade que segue.

A Andressa Sovernigo e ao Luciano Dorneles pelos grandes amigos que são.

A Melissa I. Hannas, ao Alexandre O. Teixeira, ao Altivo José de Castro e ao Douglas Haese por terem me recomendado à Universidade Federal de Viçosa.

Ao Silvano Bünzen e a Lourdes R. Apolônio pela recepção em Viçosa e por partilharem muitas informações comigo.

A Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Zootecnia, pela acolhida e oportunidade de realização do mestrado.

Ao professor Juarez Lopes Donzele, pela amizade e orientação no transcorrer deste curso.

Aos professores Rita Flávia Miranda de Oliveira e Aloizio Soares Ferreira pelas valiosas críticas e sugestões que contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho e pela amizade.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Francisco C. de Oliveira Silva e Dr. Márvio L. T. de Abreu, pelas sugestões e colaborações científicas.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio durante a condução dos experimentos. Em especial ao amigo José Alberto “Dedeco”, pela dedicação, pelo companheirismo, pela presteza e pelo auxílio na execução dos experimentos deste trabalho.

Aos alunos Mateus F. Souza, Sérgio S. Alves, João Paulo de Oliveira e Jessica M. Furtado pela ajuda na condução dos experimentos. Especial agradecimento ao colega Alysson Saraiva pelo auxílio inicial e informações no decorrer deste trabalho.

Aos funcionários “Zé Geraldo”, da Granja de Melhoramento Genético de Suínos e Waldir, do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos demais professores, colegas de pós-graduação e funcionários do Departamento de Zootecnia e de outros setores/departamentos da Universidade Federal de Viçosa que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

À empresa Serrana Nutrição Animal, pelo auxílio nas análises laboratoriais e pelos suprimentos oferecidos que tão úteis foram na realização deste trabalho.

Ao Wagner A. G. de Araújo e ao Gabriel S. Borges, colegas de república pelo bom convívio durante o período em que lá estive e pela amizade que segue.

Aos Calangos, Acácio, André, Mateus, Paulo, Paulo Cesar, Ramirez, Rodrigo, Wdson e Xikó pelo bom convívio e pela amizade na República Calango.

A Sol e ao Paulinho, pela amizade, descontração e parceria no dia-dia Viçosense.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, pelos ensinamentos que me possibilitaram ingressar no mestrado.

A 36ª turma de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em especial ao Luciano, Gilmar, Magnos e Marcos Roberto pelos grandes amigos que são.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

Muitíssimo Obrigado!

## **BIOGRAFIA**

LEANDRO ALEBRANTE, filho de Leovaldo Alebrante e Ivete Iloni Felini Alebrante, nasceu em 03 de setembro de 1981, em Camargo, Rio Grande do Sul.

Em março de 2000 iniciou o curso de zootecnia na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, graduando-se em fevereiro de 2005.

Entre fevereiro de 2005 e julho de 2008 exerceu o cargo de zootecnista na empresa Vitamix Nutrição Animal LTDA, Nova Itaberaba, Santa Catarina. Entre março de 2006 e abril de 2007 especializou-se em nutrição e alimentação animal na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC/PR.

Em agosto de 2008, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, concentrando seus estudos na área de nutrição de monogástricos. Submeteu-se à defesa de tese em 11 de fevereiro de 2010.

## ÍNDICE

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REVISÃO DE LITERATURA .....	4
REFERENCIAS .....	13
FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MANTIDOS EM AMBIENTE TERMONEUTRO DOS 15 AOS 30 KG .....	16
Resumo .....	16
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Material e métodos .....	19
Resultados e discussão .....	24
Conclusão .....	35
Referencias .....	36
FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MANTIDOS EM AMBIENTE DE CALOR DOS 15 AOS 30 KG .....	39
Resumo .....	39
Abstract.....	40
Introdução.....	41
Material e métodos .....	42
Resultados e discussão .....	47
Conclusão .....	57
Referencias .....	58
CONCLUSÕES GERAIS .....	61

## RESUMO

ALEBRANTE, Leandro, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010.  
**Fósforo disponível para suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos dos 15 aos 30 kg.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Co-Orientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira e Aloizio Soares Ferreira.

Foram realizados dois experimentos para determinar a exigência de fósforo disponível (Pd) para suínos mantidos em ambiente termoneutro e de calor, dos 15 aos 30 kg. Em cada experimento 72 suínos (36 machos castrados e 36 fêmeas), híbridos comerciais de alto potencial genético para deposição de carne foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, composto por seis tratamentos (0,107; 0,214; 0,321; 0,428; 0,535 e 0,642% de Pd), seis repetições e dois animais (1 macho castrado e 1 fêmea), por unidade experimental. No experimento I, os suínos foram mantidos em ambiente termoneutro com temperatura de 24,5°C. Os níveis de Pd estudados influenciaram o consumo de ração diário, o ganho de peso diário e a conversão alimentar que variaram de forma quadrática, sendo o nível de Pd estimado respectivamente em 0,420; 0,443 e 0,461% para máximos consumo e ganho de peso e melhor conversão alimentar. O consumo de fósforo disponível diário aumentou de forma linear com o aumento dos níveis de Pd na ração. Os tratamentos influenciaram a deposição de proteína diária na carcaça que aumentou de forma quadrática até o nível de Pd estimado de 0,394%. Verificou-se efeito dos tratamentos sobre a quantidade de fósforo no osso e teor de cinza óssea que aumentaram quadraticamente até os níveis de Pd estimados, respectivamente, em 0,525 e 0,520%. A quantidade de cálcio no osso aumentou de forma linear em razão dos níveis crescentes de Pd nas rações. No experimento II, os suínos foram mantidos em ambiente de calor com temperatura de 34,1°C. Não houve efeito dos níveis de Pd da ração sobre o consumo de ração diário. Verificou-se aumento linear no consumo de fósforo disponível diário em razão dos níveis crescentes de Pd nas rações. O ganho de peso e a conversão alimentar variaram de forma quadrática, sendo os níveis de Pd para ganho de peso e conversão alimentar estimados, respectivamente em 0,477 e 0,457%. Não foi observado efeito dos níveis de Pd sobre a deposição de proteína diária na carcaça. Os tratamentos influenciaram a quantidade de fósforo no osso que aumentou quadraticamente até o nível de Pd estimado de 0,529%. A quantidade de cálcio e a porcentagem de cinza no

osso aumentaram de forma linear em razão do aumento nos níveis de Pd na ração. Conclui-se que a exigência de fósforo disponível para suínos mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg, para melhores resultados de ganho de peso diário, conversão alimentar e parâmetros ósseos é, respectivamente, de 0,443; 0,461 e 0,525%, correspondentes a consumos diários estimados respectivos de 5,25; 5,45 e 6,14 g de Pd; e, respectivamente, de 0,477; 0,457 e 0,529%, correspondentes a consumos diários estimados respectivos de 4,75; 4,55 e 5,27 g de Pd para suínos mantidos em ambiente de calor dos 15 aos 30 kg.

## ABSTRACT

ALEBRANTE, Leandro, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2010.  
**Available phosphorus for pigs kept in different thermal environments from 15 to 30 kg.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-Advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira and Aloizio Soares Ferreira.

Were conducted two experiments to determine the requirement of available phosphorus (AP) for pigs kept in thermoneutral environment and in high temperature, from 15 to 30 kg. In each experiment 72 pigs (36 castrated males and 36 females), commercial hybrids with high genetic potential for meat deposition were distributed in a block randomized experimental design with six treatments (0.107; 0.214; 0.321; 0.428; 0.535 e 0.642% of AP), six replicates and two animals (1 castrated male and 1 female) for each experimental unit. In the experiment I, pigs were kept in thermoneutral environment with temperature of 24.5°C. The levels of AP influenced the daily feed intake, the daily weight gain and the feed:gain ratio which ranged in a quadratic form being the AP levels estimated, respectively in 0.420; 0.443 and 0.461% for maximum daily feed intake and weight gain and for better feed:gain ratio. The daily intake of available phosphorus was influenced by AP levels in a linear form. The treatments influenced the daily protein deposition in the carcass which increased in a quadratic form up to the estimated AP level of 0.394%. The treatments influenced in a quadratic form the content of phosphorus and ashes in the bone, which increased, respectively, until the estimated levels of 0.525% and 0,520% of AP. The content of calcium in the bone was influenced by AP levels in a linear form. In the experiment II, the pigs were kept in a hot environment with temperature of 34.1°C. There was no AP levels effect on the daily feed intake. The daily intake of available phosphorus was influenced by treatments in a linear way. The levels of AP influenced the daily weight gain and the feed:gain ratio which increased in a quadratic form, respectively, up to the estimated levels of 0.477 and 0.457%. There was no AP levels effect on the daily protein deposition in the carcass. The treatments influenced in a quadratic form the content of phosphorus in the bone, which increased up to the estimated AP level of 0.529%. The contents of calcium and ashes in the bone were influenced by AP levels in a linear form. It was concluded that available phosphorus requirement for pigs kept in thermoneutral environment, from 15 to 30 kg, for better results of daily weight

gain, feed:gain ratio and bone parameters is, respectively, 0.443; 0.461 and 0.525%, corresponding to daily available phosphorus consumption estimated on 5.25; 5.45 and 6.14 g; and, respectively, 0.477; 0.457 and 0.529%, corresponding to daily available phosphorus consumption estimated on 4.75; 4.55 and 5.27 g for pigs kept in hot environment, from 15 to 30 kg.

## INTRODUÇÃO GERAL

Na suinocultura brasileira, gastos com a nutrição compõem a maior fatia do custo total de produção de um suíno. A proporção, no entanto, que essa relação assume varia entre granjas em função da eficiência produtiva de cada sistema que, por sua vez, depende dentre outros fatores do potencial genético dos suínos.

Suínos de alto potencial genético para produção de carne tem sido disponibilizados aos suinocultores brasileiros pelas empresas de genética e, a aquisição desses animais incentivada pelas agroindústrias nacionais que necessitam carcaças com maior rendimento em carne e reduzido teor lipídico.

A redução na quantidade de gordura nas carcaças dos suínos, além de atender as exigências dos consumidores de carne, proporciona também uma melhor eficiência produtiva, uma vez que animais de alto potencial genético com menos gordura na carcaça têm-se mostrado eficientes na transformação da ração em quilogramas de carcaça (Correa et al., 2006).

Entretanto, modificações na taxa de síntese e deposição dos tecidos corpóreos podem implicar em alterações na ingestão voluntária de ração e nas necessidades nutricionais dos suínos.

Além do potencial genético, o ambiente térmico em que os suínos são mantidos pode também influenciar nas necessidades nutricionais diárias desses animais uma vez que a ingestão voluntária de ração dos animais pode variar em função da temperatura do ar (Collin et al., 2001).

Tem-se estabelecido que a faixa de temperaturas na qual o suíno em crescimento está em conforto térmico é compreendida entre 18 e 28°C (Coffey et al., 2000), entretanto, as temperaturas médias brasileiras são superiores a esta faixa durante grande parte do ano,

evidenciando a importância do conhecimento da exigência nutricional dos suínos criados em condições ambientais de temperaturas elevadas.

Nesse contexto, a obtenção de taxas de crescimento máximas de acordo com o potencial genético do animal depende dentre outros fatores, principalmente de um fornecimento adequado de nutrientes na ração que considere o potencial de crescimento do animal e a condição ambiental na qual o suíno está sendo criado.

Um dos nutrientes necessários nas transformações metabólicas de energia nas células é o fósforo. O fósforo é o segundo mineral mais abundante no organismo animal sendo mais comumente encontrado no tecido ósseo dos suínos. Nesse tecido, juntamente com o cálcio, o fósforo é responsável pela formação e manutenção da estrutura óssea (Underwood & Suttle, 1999). Por estar envolvido no metabolismo da energia, o fósforo é importante também para o crescimento do tecido muscular que, quantitativamente, constitui-se na segunda maior reserva orgânica desse mineral (Stahly, 2001).

Devido a importância do fósforo na nutrição dos suínos e considerando a preocupação ambiental que envolve esse mineral, torna-se necessário determinar os aportes de fósforo no organismo animal que atendam as necessidades distintas dos suínos (manutenção, crescimento, mineralização óssea e deposição muscular), nas diferentes fases de produção, considerando-se o potencial genético do suíno e a condição ambiental em que o animal é criado.

Assim, a determinação das exigências de fósforo disponível de suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos dos 15 aos 30 kg, torna-se fundamental para o estabelecimento de estratégias de alimentação adequadas a essa fase e aos diferentes ambientes, o que permite maximizar as respostas zootécnicas.

Para tal, propôs-se realizar este estudo com o objetivo de determinar a exigência de fósforo disponível para suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos (termoneutralidade e estresse por calor), dos 15 aos 30 kg.

Esta dissertação foi escrita em capítulos de acordo com as normas para feitura de tese da Universidade Federal de Viçosa, e os capítulos um e dois escritos de acordo com as normas científicas da Revista Brasileira de Zootecnia.

## REVISÃO DE LITERATURA

O fósforo (P) é um nutriente essencial na nutrição dos suínos constituindo-se no segundo mineral mais abundante do organismo animal. A maior parte (cerca de 80,0%) do P orgânico encontra-se depositada nos ossos e dentes onde participa da formação e mineralização da matriz óssea. O restante (aproximadamente 20,0%) encontra-se distribuído nos tecidos moles e fluidos corporais desempenhando funções metabólicas importantes (Underwood & Suttle, 1999), dentre as quais: 1) participação no metabolismo energético por meio do armazenamento, utilização e transferência de energia via adenosina mono, di e trifosfato, com implicações sobre gliconeogênese, transporte de ácidos graxos, síntese de aminoácidos e proteínas e atividade da bomba de sódio potássio; 2) constituinte dos ácidos desoxirribonucléico (DNA) e ribonucléico (RNA), importantes para o crescimento e diferenciação celular; 3) constituinte dos fosfolipídios que garantem integridade e fluidez à membrana celular; 4) ativador e constituinte de sistemas enzimáticos e de complexos co-enzimáticos como a nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD e NADP), os quais atuam em importantes rotas metabólicas, participando do metabolismo de lipídeos, proteínas e carboidratos no processo de produção de energia; e 5) componente do íon fosfato, que auxilia no balanço osmótico e no equilíbrio ácido-básico do organismo (Nelson & Cox, 2006).

O fósforo presente nas rações dos suínos pode ser proveniente dos alimentos de origem vegetal, fontes de origem animal ou fontes de origem rochosa. De acordo com Jongbloed (2008), a maior parte do P proveniente dos alimentos de origem vegetal encontra-se combinado com o inositol formando a molécula do ácido fítico que é pouco aproveitado pelos suínos.

Como no Brasil a alimentação dos suínos tem como base principal a mistura de ingredientes vegetais, portanto, contendo quantidades reduzidas de P disponível, é

necessário adicionar ingredientes nas rações que forneçam as quantidades suficientes desse mineral para o crescimento e mineralização óssea adequada dos animais. Conforme Ekpe et al., (2002), as fontes suplementares de P estão entre os ingredientes que mais oneram o custo final da ração.

A principal fonte suplementar de P nas rações dos suínos é uma fonte mineral, o fosfato bicálcico. Em diferentes estudos de biodisponibilidade do P em diversos ingredientes, o P oriundo do fosfato bicálcico é usado como referencia, sendo considerando 100% disponível e, por isso, largamente utilizado na alimentação animal em todo o mundo (Gomes, 1988; Lima,1995).

Em animais monogástricos a absorção do P ocorre principalmente na região proximal do intestino delgado por meio do transporte trans-epitelial sódio dependente ativo saturável e do transporte para-celular passivo não saturável (Breves et al., 2007), predominando, no entanto, o transporte ativo em condições onde a ingestão de P é restrita e o passivo quando alta concentração desse mineral ocorre no lúmen intestinal (Breves & Schroder, 1991).

O transporte trans-epitelial de P é estimulado na presença do calcitriol (um metabolito da vitamina D) no lúmen intestinal (Schroder et al., 1998). Além da vitamina D, outros fatores como a idade do animal, o pH plasmático, o conteúdo de P na dieta (Breves et al., 2007), a fonte de P utilizado (orgânico, inorgânico), o nível de cálcio na ração, entre outros podem também interferir na absorção e utilização do fósforo pelos suínos.

Em animais monogástricos, a regulação da homeostase do P é dependente da absorção intestinal, da excreção renal (Breves & Schroder, 1991) e da mineralização e desmineralização óssea (Fernández, 1995) e envolve do ponto de vista endócrino, a participação do paratormônio, da calcitonina e do calcitriol (Breves & Schroder, 1991).

A calcitonina estimula a deposição de cálcio e P nos ossos, enquanto o paratormônio promove a desmineralização óssea, aumentando os níveis de fosfato e cálcio no sangue.

Além disso, o paratormônio atua sobre os rins diminuindo a excreção de P urinário e estimula a síntese de calcitriol, que por sua vez, aumenta a absorção intestinal e a reabsorção renal de P e cálcio e, age sobre os ossos promovendo a mobilização desses minerais pela ativação dos osteoclastos (McDowell, 1992).

Conforme Breves & Schroder (1991), quando o aporte nutricional de P para suínos é baixo, há um aumento na eficiência absorptiva intestinal e na reabsorção renal desse mineral pelos animais podendo, nessas condições, ocorrer também mobilização de P dos ossos e tecidos moles (Fernández, 1995) de forma a manter os níveis sanguíneos desse mineral. Entretanto, em condições onde o nível de P fornecido excede as exigências dos suínos, há uma redução na eficiência absorptiva intestinal bem como um aumento na excreção renal desse mineral elevando a concentração de P nas fezes e na urina (Breves & Schroder, 1991).

O acúmulo de P no solo e, ou, na água (rios, lagos, etc.) representa, em função do poder poluente desse mineral, um risco ao ambiente e, a elevação do teor de P nas excretas de suínos, um agravante ainda maior em regiões onde a suinocultura é praticada de forma intensiva e com alta densidade animal (Knowlton et al., 2004).

Por outro lado, um aporte dietético de P aquém das exigências nutricionais dos suínos pode comprometer o crescimento dos animais uma vez que o desempenho zootécnico nessa espécie varia conforme o nível de fósforo na ração (Mahan et al., 1980; Eeckhout et al., 1995; Saraiva et al., 2009).

Conforme De Lange et al. (1999), conhecer e atender as exigências de P dos suínos nas diferentes fases de produção e, ou, reprodução por meio do fornecimento de rações balanceadas e sem margens de segurança excessivamente amplas é uma maneira eficaz de maximizar o desempenho dos suínos e também reduzir a quantidade de P excretado.

Ainda, o emprego de um conceito nutricional mais refinado como o P disponível ao invés do P total na composição dos alimentos e exigências nutricionais dos suínos tem sido, segundo Jondreville & Dourmad (2006), uma maneira eficiente de se reduzir margens de segurança em rações para suínos, uma vez que a disponibilidade desse mineral varia consideravelmente entre os ingredientes de uma ração.

A exigência de fósforo pelos suínos é dependente da quantidade necessária desse mineral para suprir a exigência de manutenção dos animais e também da taxa e do tipo de tecido que está sendo produzido (Jondreville & Dourmad, 2006). Conforme Schulin-Zeuthen et al., (2007), a exigência de P disponível para a manutenção de um suíno é em torno de 15 mg para cada quilograma de peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ) por dia. Já a quantidade de fósforo exigida para o crescimento está estreitamente relacionada com a capacidade de deposição de tecido ósseo (Hittmeier et al., 2006) e muscular dos suínos (Carter & Cromwell, 1998).

O músculo, segundo Stahly (2001), consiste na segunda maior reserva orgânica desse mineral contendo cerca de cinco vezes mais P que o tecido adiposo. Conforme esse mesmo autor, à medida que os animais se desenvolvem menor quantidade de fósforo disponível é exigida por quilograma de ganho de peso, refletindo mudanças na taxa de deposição de tecidos com conteúdos diferenciados nesse mineral.

De acordo com Gomes (1988), suínos em fase de crescimento (18 a 40 kg) por estarem em pleno desenvolvimento dos tecidos ósseo e muscular têm maior exigência de fósforo disponível na ração do que suínos em fase de terminação.

Alguns parâmetros têm sido usados para se estimar a exigência de fósforo tais como ganho de peso, conversão alimentar e o grau de mineralização óssea. No entanto, as exigências de fósforo de suínos têm sido estabelecidas, principalmente, por meio da avaliação do desempenho dos animais, não considerando a mineralização dos ossos (NRC,

1998). Vários autores observaram que o nível de fósforo exigido para o máximo desempenho dos suínos é inferior àquele exigido para máximo desenvolvimento ósseo (Mahan et al., 1980; Mahan, 1982; Kock et al., 1984). De acordo com NRC (1998), a exigência de fósforo para o máximo desenvolvimento ósseo é de aproximadamente 0,1% superior à exigência para máximo desempenho zootécnico.

Conforme Spears et al. (1995), a exigência de fósforo disponível para ótima função do sistema imune de suínos pode ser maior do que para máximo ganho de peso. Segundo estes mesmos autores, a suplementação de fósforo em dietas para suínos no pós-desmame aumenta o ganho de peso diário e melhora a resposta imune.

É sabido que as exigências nutricionais dos suínos variam não somente em função da fase de crescimento dos animais, mas, também, conforme o genótipo, sexo, saúde, temperatura ambiente, densidade populacional, entre outros fatores. Desta forma, programas de melhoramento genético e de nutrição, bem como sanitário e ambiental, têm sido utilizados pelas indústrias suinícolas com o objetivo de melhorar o desempenho de suínos.

A sucessiva seleção para maior percentual de deposição de proteína em detrimento à deposição de gordura tem tornado necessária a reavaliação constante das exigências nutricionais dos suínos, uma vez que mudanças na taxas de deposição de tecidos corporais resultam em diferenças nas exigências diárias de nutrientes.

Jongbloed (2008), avaliando a quantidade de P em carcaças de suínos, constataram que os atuais genótipos suínos retêm em torno de 13,0% mais fósforo por quilo de carcaça do que cevados produzidos no início da década de 80 (considerando carcaças de 80 kg cada). Segundo o autor, a evolução genética dada pela maior deposição de proteína na carcaça dos atuais genótipos suínos justifica a maior retenção de P por esses animais.

Segundo Lange (2003), a exigência de fósforo disponível de suínos de baixo potencial genético para deposição de proteína é similar à proposta pelo NRC (1998). Contudo, para animais de alto potencial genético para deposição de tecido muscular, a exigência proposta no NRC (1998) parece estar subestimada (Saraiva et al., 2009).

Conforme Ekpe et al. (2002), suínos que têm uma taxa de ganho protéico diário acima da média podem, conseqüentemente, ter maior exigência de fósforo diária.

A recomendação de P disponível para máximo desempenho zootécnico de suínos de 10 a 20 kg e de 20 a 50 kg segundo o NRC (1998), é respectivamente de 0,32 e 0,23% correspondentes a consumos diários respectivos de 3,2 e 4,3 g de P disponível. Entretanto, Rostagno et al. (2005) preconizam para suínos dos 15 aos 30 kg e dos 30 aos 50 kg, níveis de P disponível na ração, respectivos, de 0,40 e de 0,33% correspondentes a consumos diários de 4,4 e 6,2 g de P disponível.

Saraiva et al. (2009), trabalhando com níveis de fósforo disponível entre 0,114 e 0,649% em rações para suínos machos castrados e fêmeas de alto potencial genético durante a fase inicial de crescimento (dos 15 aos 30 kg), estimaram em 0,509 e 0,477% a exigência de fósforo disponível dos animais, respectivamente, para máximos ganho de peso diário e melhor conversão alimentar o que corresponde a consumos diários, respectivos, de 6,39 e 5,93 g desse nutriente. Segundo esses autores nos níveis de fósforo disponível em que se verificaram os melhores resultados de ganho de peso (0,509%) e conversão alimentar (0,477%), as relações cálcio:fósforo disponível corresponderam, respectivamente, a 1,57:1 e 1,68:1.

Segundo Reinhart & Mahan (1986), a utilização de relações cálcio:fósforo adequadas em dietas para suínos é tão importante quanto atender a exigência de fósforo dos animais. Conforme esses mesmos autores, dietas com excesso de cálcio, que resultam em relações cálcio fósforo amplas, têm impacto negativo sobre o desempenho e a eficiência alimentar

dos suínos. Relações cálcio:fósforo disponível de 2,0:1 a 3,0:1 e de 1,8:1 são preconizadas, respectivamente, pelo NRC (1998) e por Rostagno et al. (2005) para máximo desempenho e melhor conversão alimentar de suínos dos 15 aos 30 kg.

De acordo com Hittmeier et al. (2006), o potencial genético dos suínos pode interagir com o teor de fósforo disponível da dieta resultando em ganhos de peso diário que são genótipo específicos. Essa interação, segundo os autores, torna-se mais evidente, sobretudo quando o teor de fósforo disponível da ração encontra-se abaixo da exigência dos suínos, uma vez que nessas condições, suínos com menor potencial para deposição de carne na carcaça reduzem o ganho de peso como forma de poupar fósforo e manter a integridade óssea, enquanto animais de maior potencial para ganho protéico priorizam o crescimento desse tecido em detrimento ao ósseo. Conforme esses mesmos autores, essa especificidade genética no que se refere à utilização metabólica do fósforo pelos suínos pode estar associada a possíveis diferenças na eficiência com que o mineral é absorvido no trato gastrointestinal bem como no nível de reabsorção renal desse nutriente.

Além do potencial genético, o ambiente térmico em que os suínos são mantidos pode também influenciar no desempenho zootécnico dos animais.

Tem-se estabelecido que a faixa de temperaturas na qual o suíno em crescimento está em conforto térmico é compreendida entre 18 e 28°C (Coffey et al., 2000). Entretanto, as temperaturas médias brasileiras são superiores a esta faixa durante grande parte do ano, predominando nessas condições o estresse por calor (Laganá, 2005). O estresse por calor é definido como qualquer combinação de temperatura, umidade, radiação e vento produzindo condições que estão acima do intervalo de temperatura da zona de termoneutralidade.

Diversos estudos têm mostrado o efeito negativo da alta temperatura sobre o desempenho de suínos nas diversas fases de produção (Christon, 1988; Quiniou et al., 2000; Collin et al., 2001; Manno et al., 2005).

O baixo desempenho observado em suínos estressados pelo calor deve-se, principalmente, a uma redução na ingestão alimentar voluntária dos animais que se torna menor, sobretudo à medida que a temperatura média do ar se eleva (Christon, 1988). Corroborando essa informação, Collin et al., (2001) constataram para suínos dos 20 aos 35 kg, alimentados com uma ração de mesma composição nutricional, reduções respectivas de 30,0 e de 37,0% no consumo voluntário de ração e no ganho de peso diário e, piora de 12,0% na conversão alimentar em suínos mantidos no calor (33°C) comparados aos do ambiente termoneutro (23°C).

Nesse contexto, uma ração formulada para condições de termoneutralidade pode não ser adequada para atender as exigências nutricionais de suínos mantidos no calor, tendo em vista que, a temperatura ambiente pode ocasionar modificações no padrão de consumo dos animais, o que levaria a alterações nas exigências nutricionais expressas em porcentagem e, sobretudo em gramas/dia da ração.

Existe na literatura considerável número de publicações (Mahan, 1982; Gomes, 1988; Eeckhout et al., 1995; Frederick & Stahly, 1998; Stahly et al., 2000; Saraiva et al., 2009) determinando as exigências de fósforo para suínos. No entanto, pouco se sabe sobre a exigência desse mineral para suínos mantidos em ambiente de calor.

Em um estudo com aves, Persia et al., (2003) observaram que o estresse por calor crônico resultou na diminuição da exigência de fósforo para frangos em crescimento. Segundo os autores, esta redução ocorreu provavelmente, em razão da alta temperatura limitar o desenvolvimento das aves. Em outro estudo, Belay et al., (1992) constataram que a retenção corporal de fósforo em frangos expostos ao estresse por calor foi menor em

razão do aumento da excreção de fósforo via urina, bem como por uma redução na absorção desse mineral pelo trato gastrintestinal das aves.

Tendo como base os resultados dos estudos de Belay et al., (1992) e de Persia et al., (2003), pode-se deduzir que suínos mantidos em ambiente de calor têm suas exigências de fósforo diminuídas se comparados a suínos mantidos em ambiente termoneutro devido, principalmente, a menores taxa de crescimento diário e retenção corporal de fósforo.

## REFERENCIAS

- BELAY, T.C.; WIERNUSZ, C.J.; TEETER, R.G. Mineral balance and urinary and fecal mineral excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heatdistressed environments. **Poultry Science**, v.71, p.1043-1047, 1992.
- BREVES, G.; SCHRODER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews** 4, 125-140. 1991.
- BREVES, G.; KOCK, J.; SCHRODER, B. Transport of nutrients and electrolytes across the intestinal wall in pigs. **Livestock Science** 109:4-13. 2007.
- CARTER, S.D.; CROMWELL, G.L. Influence of somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: II. Carcass characteristics, tissue accretion rate, and chemical composition of the ham. **J. Anim. Sci.**, v.76, p. 596-605, 1998.
- CHRISTON, R. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. **J. Anim. Sci.** 66:3112-3123. 1988.
- COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; LAURENT, K.M. Feeding growing-finishing pigs to maximize lean grow rate. University of Kentucky. **College of Agriculture**, 2000. Disponível em: [http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod\\_grow\\_finish.pdf](http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod_grow_finish.pdf)  
Acessado em: 14/05/2007.
- COLLIN, A.; van MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Effect of high temperature on feeding behavior and heat production in group-housed young pigs. **British Journal of Nutrition**. 86:63-70. 2001.
- CORREA J.A.; FAUCITANO, L.; LAFOREST, J.P. et al. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates **Meat Science** 72:91-99. 2006.
- de LANGE, K.; NYACHOTI, M.; BIRKETT, S. Manipulation of diets to minimize the contribution to environmental pollution. *Advances in Pork Production*. Volume 10, pg. 173. 1999.
- EECKHOUT, W.; PAEPE, M.; WARNANTS, N. et al. An estimation of the minimal P requirements for growing-finishing pigs, as influenced by the Ca level of the diet. **Anim. Feed Sci. Technology**, v.52, p.29-40, 1995.
- EKPE, E.D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. **Can. J. Anim. Sci.**, v. 82, n. 4, p. 541-549, 2002.
- FERNANDÉZ, J. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. III. A model resolution. **Livestock Production Science** 41: 255-261. 1995.
- FREDERICK B.R.; STAHLY, T.S. Dietary Available Phosphorus Needs of High Lean Pigs. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1563.pdf> 1998.  
Acesso em 2/8/2009

- GOMES, P.C. **Exigência nutricional de fósforo e sua disponibilidade em alguns alimentos para suínos de diferentes idades.** 163 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1988.
- HITMEIER, L.J.; GRAPES, L.; LENSING, R.L. et al. Genetic background influences metabolic response to dietary phosphorus restriction. **J. Nutr. Biochemistry**, v.17, p.385-395, 2006.
- JONDREVILLE C.; DOURMAD, J.-Y. Phosphorus in pig nutrition. 12<sup>th</sup> AAAP Animal Science Congress 2006, Bexco, Busan, Korea. September 18-22, 2006.
- JONGBLOED, A.W. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. **R. Bras. Zootec.**, v.37, suplemento especial p.215-229, 2008.
- KNOWLTON, K.F.; RADCLIFFE, J.S.; NOVAK, C.L.; EMMERSON, D.A. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. **J. Anim. Sci.** 82:E173-195. 2004.
- KOCH, M.E.; MAHAN, D.C.; CORLEY, J.R. An evaluation of various biological characteristics in assessing low phosphorus intake in weanling swine. **J. Anim. Sci.**, v.59, p. 1546-1556, 1984.
- LAGANA, C. Otimização da produção de frangos de corte em condições de estresse por calor. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 180p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- LANGE, C.F.M. A Systems Approach to Optimizing Phosphorus and Nitrogen Utilization in the Growing Pig. **Department of Poultry Science**, University of Guelph, Ontário, Canada, 2003.
- LIMA, I.L. Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte. Vicosa: Universidade Federal de Vicosa, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicosa, 1995.
- MAHAN, D.C.; EKSTROM, K.E.; FETTER, A.W. Effect of dietary protein, calcium and phosphorus for swine from 7 to 20 kilograms body weight. **J. Anim. Sci.**, v.50, p.309-314, 1980.
- MAHAN, D.C. Dietary calcium and phosphorus levels for weaning swine. **J. Anim. Sci.**, v.54, p.559-564, 1982.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. **Rev. Bras. Zootec.** v.34, n.6, p.1963-1970, 2005.
- MCDOWELL, R.L. **Minerals in animal and human nutrition.** 1.ed. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.

- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger Princípios da Bioquímica**. 4.ed. Sao Paulo: Sarvier, 2006. 1200p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. Nutrient requirements of swine. 9 ed. Washington: **National Academy of Science**, 189p. 1998.
- PERSIA, M.E.; PARSONS, C.M.; KOELKEBECK, K.W. Interrelationship between environmental temperature and dietary nonphytate phosphorus in chicks. **Poultry Science**, v.82, p.1616-1623, 2003.
- QUINIOU, N.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight **Livestock Production Science** 63, 245–253. 2000.
- REINHART, G.A.; MAHAN, D.C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. **J. Anim. Sci.** 63:457-466. 1986.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 186 p. 2005.
- SARAIVA, A. DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30 kg genetically selected for meat deposition. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, n.2, p.307-313, 2009.
- SCHRODER, B.; HATTENHAUER, O.; BREVES, G. Phosphate Transport in Pig Proximal Small Intestines during Postnatal Development: Lack of Modulation by Calcitriol. **Endocrinology** 139:1500–1507, 1998.
- SCHULIN-ZEUTHEN, M.; KEBREAB, E.; GERRITS, W.J.J. et al. Meta-analysis of phosphorus balance data from growing pigs. **J. Anim. Sci.** 85:1953-1961. 2007.
- SPEARS, J.W., KEGLEY, E.B., AUMAN, S.K. Effect of dietary phosphorus and stress on immune function of weanling pigs. **Anim. Sci.**, 1995.
- STAHLY, T.S.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. Dietary Available Phosphorus Needs of High Lean Pigs Fed from 9 to 119 kg Body Weight. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>> 2000. Acesso em: 2/8/2009.
- STAHLY, T.S. Nutrient needs for high lean pigs. **Manitoba agriculture, food and rural initiatives**. 2001. Disponível em: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html> Acessado em: 01/06/2007.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3<sup>rd</sup> edition. NY: CABI Publishing, 598 p. 1999.

## CAPÍTULO 1

### FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MANTIDOS EM AMBIENTE TERMONEUTRO DOS 15 AOS 30 KG

#### Resumo

O experimento foi realizado com o objetivo de determinar a exigência de fósforo disponível (Pd) para suínos mantidos em ambiente termoneutro. Para tal, foram utilizados 72 leitões (36 machos castrados e 36 fêmeas), híbridos comerciais de alto potencial genético para deposição de carne, dos  $14,97 \pm 0,36$  aos  $31,24 \pm 2,53$  kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis tratamentos (0,107; 0,214; 0,321; 0,428; 0,535 e 0,642% de Pd), seis repetições e dois animais (1 macho castrado e 1 fêmea) por unidade experimental. Os suínos foram mantidos em ambiente termoneutro com temperatura de  $24,5 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ . Os níveis de Pd influenciaram o consumo de ração diário, o ganho de peso diário e a conversão alimentar que variaram de forma quadrática, sendo os níveis de Pd estimados, respectivos, de 0,420; 0,443 e 0,461% para máximos consumo de ração e ganho de peso diário e melhor conversão alimentar. Constatou-se efeito dos níveis de Pd sobre a deposição de proteína diária na carcaça que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de Pd de 0,394%. Verificou-se efeito dos tratamentos sobre a quantidade de fósforo e cinzas no osso, que aumentaram quadraticamente até os níveis estimados, respectivos, de 0,525 e 0,520% de Pd. O teor de cálcio no osso aumentou de forma linear em função dos níveis de Pd das rações. Conclui-se que a exigência de fósforo disponível de suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg, para melhores resultados de ganho de peso, conversão alimentar e parâmetros ósseos é, respectivamente, de 0,443; 0,461 e 0,525%, correspondentes a consumos diários estimados respectivos de 5,25; 5,45 e 6,14 g de fósforo disponível.

**Palavras-chave:** exigência, genótipo, minerais, suínos, temperatura

## **AVAILABLE PHOSPHORUS FOR PIGS KEPT IN THERMONEUTRAL ENVIRONMENT FROM 15 TO 30 KG**

### **Abstract**

The experiment was conducted to determine the requirement of available phosphorus (AP) for pigs kept in thermoneutral environment. Seventy two pigs (36 castrated males and 36 females) commercial hybrids with high genetic potential for meat deposition were used, from  $14.97 \pm 0.36$  kg to  $31.24 \pm 2.53$  kg, distributed in a block randomized experimental design with six treatments (0.107; 0.214; 0.321; 0.428; 0.535 and 0.642% of AP), six replicates and two animals (1 castrated male and 1 female) for each experimental unit. The pigs were kept in thermoneutral environment with temperature of  $24.5 \pm 1.2^\circ\text{C}$ . The levels of AP influenced the daily feed intake, the daily weight gain and the feed:gain ratio which ranged in a quadratic form being the AP levels estimated, respectively in 0.420; 0.443 and 0.461% for maximum daily feed intake and weight gain and for better feed:gain ratio. The treatments influenced the daily protein deposition in the carcass which increased in a quadratic form up to estimated AP level of 0.394%. The treatments influenced the contents of phosphorus and ashes in the bone which increased, respectively, in a quadratic form up to the estimated AP levels of 0.525 and 0.520%. The levels of AP influenced the contents of calcium in the bone in a liner form. It was concluded that available phosphorus requirement for pigs kept in thermoneutral environment, from 15 to 30 kg, for better results of daily weight gain, feed:gain ratio and bone parameters is, respectively, 0.443; 0.461 and 0.525% corresponding to daily available phosphorus consumption estimated on 5.25; 5.45 and 6.14 g.

**Keywords:** genotype, minerals, requirement, pigs, temperature

## **Introdução**

A busca constante por maior eficiência produtiva na suinocultura aliada a necessidade de ofertar uma carne suína adequada às preferências dos consumidores direcionou o melhoramento genético a desenvolver, por meio de inúmeras pesquisas, suínos com alto potencial genético para crescimento protéico.

Dentre as principais características produtivas desses suínos estão o alto desempenho zootécnico e a qualidade das carcaças produzidas que foram melhoradas, sobretudo por meio de modificações no padrão de crescimento corpóreo dos suínos, uma vez que esses animais têm apresentado maiores taxa diária de síntese e deposição de proteínas em detrimento a da deposição de lipídios. Entretanto, modificações na síntese e deposição dos tecidos corpóreos podem implicar em alterações na ingestão voluntária de alimento e nas necessidades nutricionais dos suínos.

Um dos nutrientes cujas necessidades constataram-se ser diferenciadas em suínos de alto potencial genético nas diferentes fases de produção foi o fósforo (Stahly et al., 2000; Hittmeier et al., 2006; Saraiva et al., 2009).

Alem da genética, também o ambiente térmico em que os suínos são mantidos parece influenciar no desempenho zootécnico dos animais e conseqüentemente na demanda por nutrientes (Christon, 1988). Entretanto, poucos estudos têm relacionado a influencia do ambiente em que os suínos são criados sobre a exigência de fósforo desses animais.

O fósforo é o segundo mineral mais abundante no organismo animal sendo o tecido ósseo o local onde a maior parte dele (80,0%) é encontrada. Nesse tecido, juntamente com o cálcio, o fósforo é responsável pela formação e manutenção da estrutura óssea (Underwood & Suttle, 1999). Por estar envolvido no metabolismo da energia (armazenamento e transferência via adenosina trifosfato), o fósforo é importante também

para o crescimento do tecido muscular que, quantitativamente, constitui-se na segunda maior reserva orgânica desse mineral (Sthaly, 2001).

Suínos durante a fase inicial de crescimento priorizam o desenvolvimento dos tecidos ósseo e muscular em relação ao lipídico (Shields Jr. et al., 1983) e, sendo o fósforo um nutriente necessário para a síntese e formação desses tecidos, torna-se necessário determinar a exigência de fósforo dos atuais genótipos suínos em fase inicial de crescimento.

Para tal foi realizado um experimento com o objetivo de determinar a exigência de fósforo disponível de suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg.

### **Material e métodos**

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais no período de outubro a dezembro de 2008.

Foram utilizados 72 suínos (36 machos castrados e 36 fêmeas), híbridos comerciais de alto potencial genético para deposição de carne, com peso inicial de  $14,97 \pm 0,36$  kg distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso composto por seis tratamentos (níveis de fósforo disponível), seis repetições e dois animais (1 macho castrado e 1 fêmea) por unidade experimental. A unidade experimental foi representada pela baia. Na formação dos blocos considerou-se o parentesco e o peso inicial dos leitões.

Os tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de fósforo disponível (Pd), foram constituídos de uma ração basal e outras cinco rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico, em substituição ao caulim e ao calcário calcítico,

resultando em rações experimentais com níveis de 0,107; 0,214; 0,321; 0,428; 0,535 e 0,642% de Pd, e nível de cálcio fixo em 0,800% para todos os tratamentos.

As rações experimentais foram formuladas para atenderem ou excederem às exigências nutricionais de suínos em fase inicial de crescimento (15 a 30 kg), exceto para o fósforo disponível, tomando como base as necessidades nutricionais de suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior propostas por Rostagno et al. (2005). Os aminoácidos industriais foram adicionados mantendo-se as relações com a lisina digestível preconizadas por Rostagno et al. (2005), segundo o conceito de proteína ideal. As composições das rações experimentais podem ser visualizadas na Tabela 1.

As rações experimentais e a água foram fornecidas à vontade aos animais.

Os animais foram alojados em gaiolas metálicas suspensas, com piso e laterais teladas, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, localizadas em sala climatizada. A temperatura interna da sala foi mantida constante por meio de aquecedores elétricos e aparelhos de ar condicionado de 18000 BTU, ligados a um termostato regulado para temperatura de 24°C.

As condições ambientais no interior da sala experimental foram monitoradas e registradas, uma vez ao dia (às 7h) por meio de termômetros de mínima e máxima e, três vezes ao dia (às 7h, 13h e 18h) por meio de termômetros de bulbo seco e úmido e de globo negro que foram mantidos em uma gaiola vazia no centro da sala, a uma altura correspondente a meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram, posteriormente, convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981), para caracterização do ambiente.

No primeiro dia do período experimental cada suíno recebeu 0,5 mL de um vermífugo comercial a base de ivermectina (1%) que foi aplicado por via subcutânea. Os animais permaneceram no experimento até atingirem peso de  $31,24 \pm 2,53$  kg quando

Tabela 1 – Composições centesimais e nutricionais calculadas das rações experimentais

Ingredientes	Níveis de fósforo disponível (%)					
	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535	0,642
Milho grão moído	62,011	62,011	62,011	62,011	62,011	62,011
Farelo de soja 45%	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000
Óleo soja	1,810	1,810	1,810	1,810	1,810	1,810
Fosfato bicálcico	-	0,577	1,156	1,734	2,312	2,891
Calcário	1,837	1,467	1,098	0,730	0,360	-
Caulim	1,200	0,993	0,783	0,573	0,365	0,146
Sal Comum Refinado	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Premix Vitaminico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sulfato de Colistina <sup>3</sup>	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Fosfato de Tilosina <sup>4</sup>	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
L-Lisina HCl (78%)	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282
DL-Metionina (99%)	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073
L-Treonina (98%)	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
Antioxidante (BHT)	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Composição nutricional calculada						
EM (kcal/kg)	3250	3250	3250	3250	3250	3250
Proteína bruta (%)	19,98	19,98	19,98	19,98	19,98	19,98
Lisina digestível (%)	1,146	1,146	1,146	1,146	1,146	1,146
Met + Cist. digestível (%)	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641
Treonina digestível (%)	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cálcio (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
P total analisado (%) <sup>5</sup>	0,327	0,415	0,533	0,655	0,745	0,835
P disponível (%)	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535	0,642
Relação cálcio:fósforo disponível	7,48	3,73	2,49	1,87	1,50	1,25

<sup>1</sup> Contendo por kg: 8.000.000 UI de Vitamina A; 2.000.000 UI de Vitamina D3; 10.000 mg de Vitamina E; 1.500 mg de Vitamina K3; 20.000 mg de Vitamina B12; 5.000 mg de Vitamina B2; 50 mg de Biotina; 12.000 mg de Pantotenato de Cálcio; 25.000 mg de Niacina; 30.000 mg de Antioxidante; 1.500 mg de Vitamina B1; 2.000 mg de Vitamina B6; 800 mg de Ácido fólico; 320 mg de Selênio e Veículo q.s.p. 1.000 g.

<sup>2</sup> Contendo por kg: 100.000 mg de Ferro; 30.000 mg de Cobre; 70.000 mg de Manganês; 160.000 mg de Zinco; 1900 mg de Iodo e Veículo q.s.p. 1000 g.

<sup>3</sup> Contendo por kg: 80.000 mg de Colistina e Veículo q.s.p. 1000 g.

<sup>4</sup> Contendo por kg: 400.000 mg de Tilosina e Veículo q.s.p. 1000g

<sup>5</sup> Analisado na Rodes Análises Químicas (Cajati-SP) por meio de espectrofotometria no ultravioleta-visível (UV-VIS).

permaneceram em jejum alimentar por 24 horas. Após o jejum, um animal de cada unidade experimental, com o peso final mais próximo dos 30 kg foi abatido por sangramento após atordoamento. Em seguida, procedeu-se a abertura e evisceração das carcaças.

Um grupo adicional de cinco leitões com peso de  $15,55 \pm 0,75$  kg foi abatido segundo o mesmo procedimento utilizado para os animais do experimento, para determinação da composição inicial da carcaça.

As carcaças inteiras, evisceradas e sem sangue dos animais abatidos foram divididas longitudinalmente ao meio e a metade esquerda de cada carcaça (incluindo cabeça e pés) foi triturada por 15 minutos em "cutter" comercial de 30 HP e 1775 rotações por minuto. Após homogeneização do material triturado, foram retiradas amostras das carcaças, que foram estocadas em freezer a  $-12^{\circ}\text{C}$ .

Posteriormente, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente por um período de 24 horas e em seguida, submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a  $65^{\circ}\text{C}$ , por 72 horas. Em razão da alta concentração de gordura do material foi realizado um pré-desengorduramento a quente, em extrator "Soxhlet" por quatro horas. As amostras pré-secadas e pré-desengorduradas foram moídas em moinho de bola e acondicionadas em vidros identificados, para posteriores análises laboratoriais. Foi considerada a água e a gordura retirada no preparo das amostras, para se fazer a correção dos valores das análises subseqüentes.

As análises bromatológicas de proteína e de extrato etéreo das amostras de carcaças foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002).

As deposições de proteína e gordura na carcaça foram medidas por critérios comparativos entre as carcaças de animais contemporâneos abatidos com peso de  $15,55 \pm 0,75$  kg e animais abatidos ao final do experimento, de acordo com a metodologia proposta por Donzele et al. (1992).

A pata anterior direita de cada animal abatido foi coletada e colocada em recipiente de alumínio contendo água onde foram fervidas até o amolecimento da pele e da carne que envolve os ossos para retirada do terceiro osso metacarpiano.

Os metacarpos foram mantidos em freezer a  $-12^{\circ}\text{C}$  e posteriormente colocados em estufa ventilada a  $65^{\circ}\text{C}$  por um período de 72 horas, submetidos à prensagem mecânica e desengordurados em extrator Soxhlet por três horas. Após, foram novamente levados à estufa ventilada a  $65^{\circ}\text{C}$  por um período de 24 horas e, em seguida, moídos em moinho de bola.

A determinação do teor de fósforo das rações experimentais, bem como das concentrações de cálcio, fósforo e cinzas nos ossos foi realizada no Laboratório da Rodes Análises Químicas, em Cajati – São Paulo.

As variáveis avaliadas foram: os consumos de ração e fósforo disponível diários, o ganho de peso diário, a conversão alimentar, as quantidades de cálcio, fósforo e cinzas no osso e as deposições de proteína e gordura diárias na carcaça dos animais.

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância em nível de 5% de significância e de regressão, utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2000), versão 8.0. A exigência de fósforo disponível foi obtida com base nos resultados de ganho de peso diário, conversão alimentar, deposição de proteína diária na carcaça e parâmetros ósseos, utilizando-se os modelos de regressão linear, quadrática e, ou, descontínuo “Linear Response Plateau” conforme o melhor ajuste do modelo obtido para cada variável estudada.

## Resultados e discussão

Durante o período experimental a temperatura interna da sala foi mantida em  $24,5 \pm 1,2^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar em  $76,3 \pm 8,5\%$  e a temperatura de globo negro em  $25,8 \pm 1,2^\circ\text{C}$  com o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) calculado correspondendo a  $74,3 \pm 1,8$ . Constatou-se que a temperatura média do ar ( $24,5^\circ\text{C}$ ) observada nesse estudo esteve dentro da faixa de termoneutralidade de 18 a  $28^\circ\text{C}$  proposta por Coffey et al. (2000), para esta categoria animal e, que o valor de ITGU calculado (74,3) foi próximo àquele verificado (71,1) por Manno et al. (2005) em um estudo com suínos dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de termoneutralidade.

Os resultados de desempenho, de consumo de fósforo disponível (Pd) e das deposições de proteína e gordura diárias na carcaça de suínos recebendo diferentes níveis de Pd na ração, mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de desempenho e das deposições de proteína e de gordura na carcaça de suínos mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg em função dos níveis de fósforo disponível na ração

Variáveis	Níveis de Fósforo Disponível (%)						CV (%)
	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535	0,642	
Consumo de ração (g/dia) <sup>1</sup>	1016	1158	1200	1091	1225	1104	7,97
Consumo de Pd (g/dia) <sup>2</sup>	1,09	2,48	3,85	4,67	6,55	7,09	9,67
Ganho de peso (g/dia) <sup>1</sup>	492	656	706	685	708	657	9,33
Conversão alimentar (g/g) <sup>1</sup>	2,07	1,77	1,70	1,59	1,74	1,69	5,18
Deposição na carcaça (g/dia)							
Proteína <sup>1</sup>	60,78	84,56	97,07	80,51	86,28	72,91	12,94
Gordura	89,80	94,54	87,23	77,81	102,05	92,70	13,50

<sup>1</sup> Efeito quadrático (P<0,01).

<sup>2</sup> Efeito linear (P<0,01).

Os níveis de Pd influenciaram ( $P < 0,01$ ) o consumo de ração diário (CRD) que aumentou de forma quadrática, até o nível estimado de 0,420% (Figura 1). Aumento na ingestão diária de ração em suínos dos 15 aos 30 kg em razão dos níveis crescentes de Pd na ração também foi observada por Saraiva et al. (2009) até o nível estudado de 0,649% de Pd na ração.

Por outro lado, Hitmmeier et al. (2006) e Kegley et al. (2001) não verificaram efeito do nível de fósforo da ração sobre o CRD de suínos dos 6 aos 11 kg e dos 6 aos 17 kg.

Um dos fatores que pode justificar a variação de resultados observados entre os trabalhos seria a relação cálcio:fósforo (Ca:P) das rações. Estudando os efeitos de varias relações Ca:P das rações sobre o desempenho de suínos em diferentes fases de desenvolvimento Reinhart & Mahan (1986) concluíram que a ingestão voluntaria de ração pelos suínos variou em função da relação Ca:P utilizada.

Com os dados obtidos nesse estudo ficou evidenciado que tanto a deficiência quanto o excesso de Pd influenciou negativamente o consumo de ração pelos animais, desse modo pode-se deduzir que os suínos são sensíveis ao inadequado teor de fósforo na ração.

Apesar de ter ocorrido redução no consumo de ração diário no nível mais alto de Pd avaliado (0,642%) no presente estudo, este não foi suficiente para reduzir a ingestão diária de fósforo disponível que aumentou ( $P < 0,01$ ) de forma linear em função dos níveis de Pd avaliados, segundo a equação:  $\hat{Y} = - 0,02 + 11,45Pd$  ( $r^2 = 0,99$ ). Aumento linear no consumo de fósforo disponível em suínos machos castrados e fêmeas dos 9 aos 37 kg e dos 15 aos 30 kg em razão do incremento do nível de Pd na ração também foi observado por Stahly et al. (2000) e Saraiva et al. (2009).

Verificou-se efeito ( $P < 0,01$ ) dos níveis de Pd sobre o ganho de peso diário (GPD) dos suínos, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,443% (Figura 2).

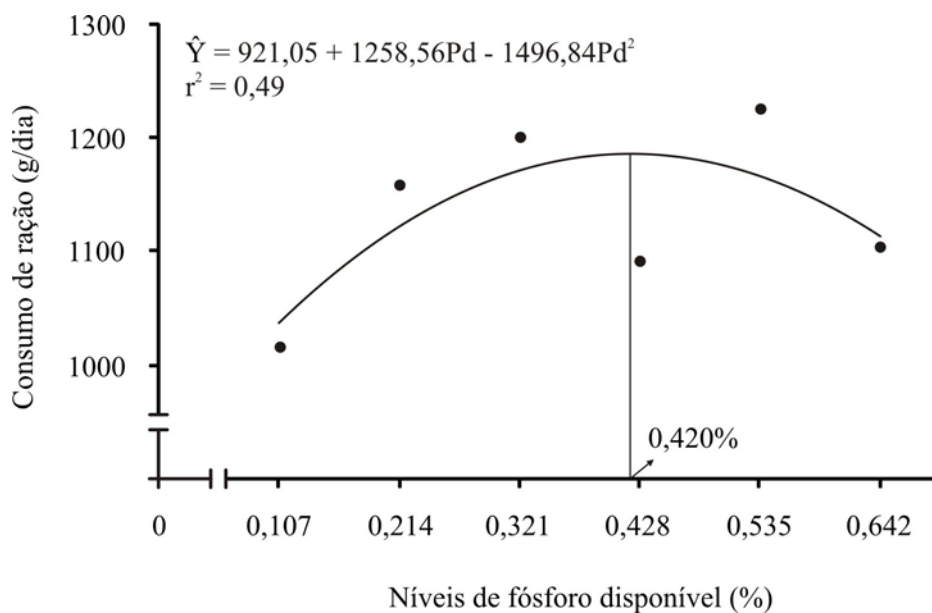


Figura 1 – Expressão gráfica da variável consumo de ração (g/dia) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg.

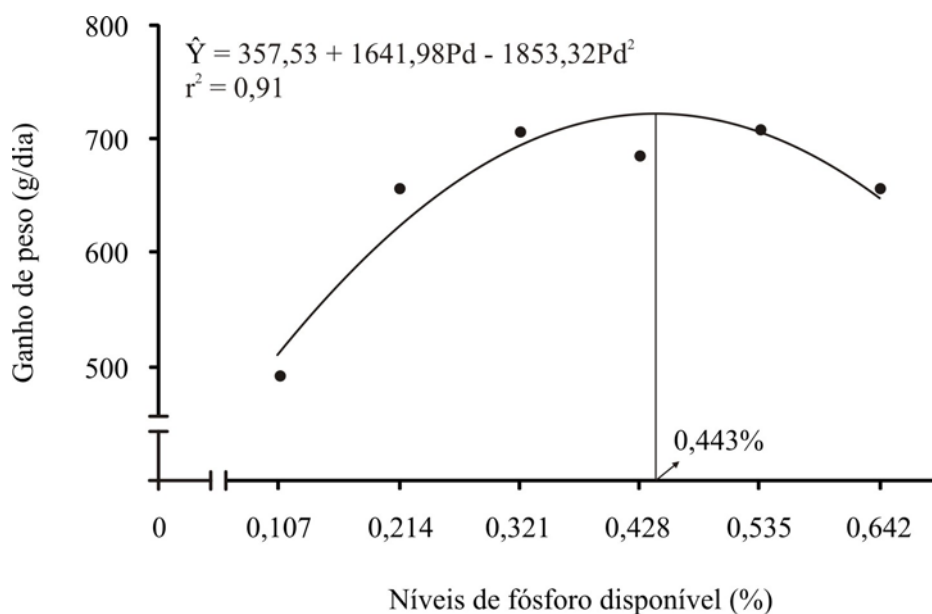


Figura 2 – Expressão gráfica da variável ganho de peso (g/dia) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg.

Trabalhando com suínos machos castrados e fêmeas dos 9 aos 37 kg e dos 15 aos 30 kg, Stahly et al. (2000) e Saraiva et al. (2009), também verificaram aumento no GPD dos animais de forma quadrática até níveis estimados, respectivos, de 0,480 e 0,509% de Pd na ração.

Embora os resultados dos estudos sejam consistentes quanto aos efeitos dos níveis de Pd sobre a taxa de crescimento dos suínos, constatou-se que os níveis que proporcionaram os melhores resultados divergem entre os trabalhos. Esse fato pode ser explicado pela diferença genética dos suínos quanto ao potencial de crescimento entre os estudos.

De acordo com Hittmeier et al. (2006), o potencial genético dos suínos pode interagir com o teor de Pd da ração resultando em ganhos de peso diário que são genótipo específicos. Essa interação, segundo os autores, torna-se mais evidente, sobretudo quando o teor de Pd da ração encontra-se abaixo da exigência dos suínos. Nessa condição, onde o aporte nutricional de fósforo é limitado, suínos com menor potencial para deposição de carne na carcaça reduzem o ganho de peso como forma de poupar fósforo e manter a integridade óssea, enquanto os de maior potencial para ganho protéico priorizam o crescimento desse tecido em detrimento ao ósseo.

Essa especificidade genética no que se refere a utilização metabólica do fósforo pelos suínos, segundo esses mesmos autores, pode estar associada a possíveis diferenças na eficiência com que o mineral é absorvido no trato gastrintestinal bem como no nível de reabsorção renal desse nutriente. Confirmando essa proposição, Alexander et al. (2008), avaliando níveis de Pd em rações de leitoas de dois genótipos dos 8 aos 80 kg, verificaram que a concentração plasmática de hormônios ligados a manutenção da homeostase orgânica do fósforo diferiu não somente pelos níveis de Pd das rações, mas também entre os genótipos suínos avaliados. Assim sendo, os autores concluíram que metabolicamente o

fósforo pode ser regulado também pela genética dos animais e não unicamente pela concentração desse mineral na ração.

Os níveis de Pd da dieta influenciaram ( $P < 0,01$ ) a conversão alimentar (CA) que melhorou de forma quadrática até o nível estimado de 0,461% (Figura 3). Resposta semelhante foi obtida por Saraiva et al. (2009), que trabalhando com suínos na fase inicial de crescimento, verificaram que a CA dos animais também melhorou de forma quadrática em função do teor de fósforo disponível da ração até o nível estimado de 0,477%.

Por outro lado, Kegley et al. (2001), avaliando níveis de Pd em rações para leitões machos castrados e fêmeas dos 6 aos 17 kg, não verificaram variação significativa na eficiência de utilização de alimento para ganho de peso nos animais.

Variação na genética dos suínos quanto a capacidade de deposição de carne na carcaça justifica a diferença de resultados entre os trabalhos (Hittmeier et al., 2006).

Comparando os resultados de GPD e CA obtidos no presente estudo, constatou-se que o nível de Pd que proporcionou o melhor resultado de CA (0,461%) foi maior que o necessário para máximo GPD (0,443%). Estes percentuais que correspondem a consumos diários estimados, respectivos, de 5,45 e de 5,25 g de fósforo disponível, evidenciaram que os níveis de 0,32 e de 0,40% de Pd preconizados, respectivamente, pelo NRC (1998) e por Rostagno et al. (2005) podem não ser suficientes para atender as exigências dos suínos dos atuais genótipos, na fase inicial de crescimento (15 aos 30 kg) quando mantidos em ambiente termoneutro.

Os níveis de Pd influenciaram ( $P < 0,01$ ) a deposição de proteína diária (DPD) na carcaça dos suínos que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,394% (Figura 4). Avaliando níveis de Pd para leitões dos 7 aos 23 kg, Frederick & Stahly (1998), observaram aumento da DPD na carcaça dos animais em razão da elevação dos teores de Pd da ração, até o nível estimado de 0,600%.

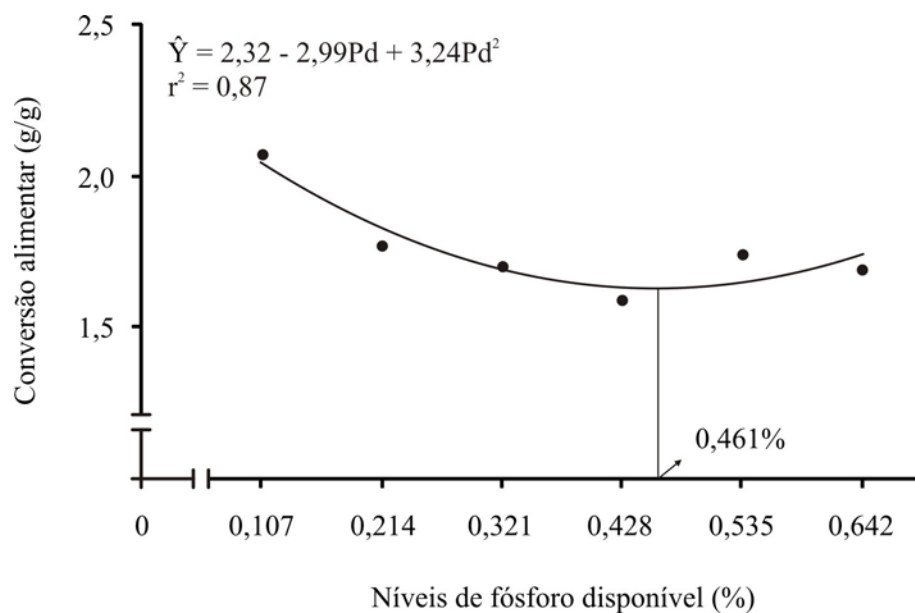


Figura 3 – Expressão gráfica da variável conversão alimentar (g/g) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg.

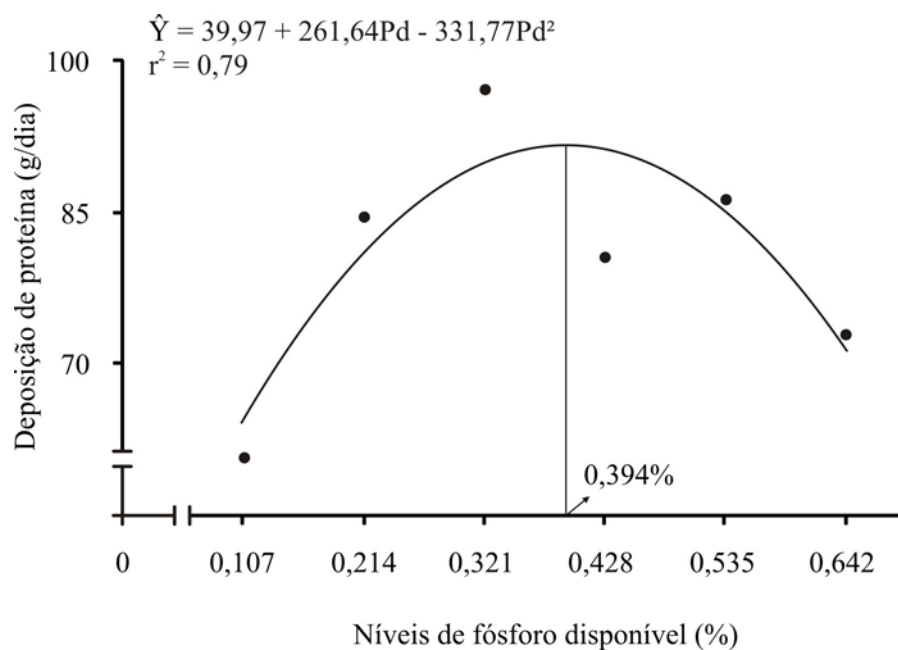


Figura 4 – Expressão gráfica da variável deposição de proteína diária na carcaça (g/dia) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg.

Apesar do padrão de resposta semelhante entre os estudos, quanto ao incremento de Pd na ração sobre a DPD na carcaça de suínos, constatou-se que o nível de Pd que proporcionou máxima DPD na carcaça dos animais no presente estudo (0,394%) foi cerca de 34,0% inferior aquele obtido por Frederick & Stahly (1998) (0,600%). Entretanto, a relação cálcio:fósforo disponível calculada a partir dos níveis de Pd estimados para máxima DPD (0,394 e 0,600%) nos referidos estudos foi, respectivamente, de 2,03:1 e 1,92:1. Esses resultados podem ser um indicativo da interdependência desses dois minerais também na deposição de proteína na carcaça dos suínos, uma vez que no tecido ósseo Fernández (1995) verificou que a relação cálcio:fósforo (Ca:P) é mantida próxima a 2,00:1 independente da relação Ca:P da ração.

Comparando o resultado de DPD com os de CA e GPD obtidos no presente estudo, constatou-se que o nível de Pd que proporcionou o melhor resultado de DPD (0,394%) foi inferior aquele necessário para máximo GPD (0,443%) e melhor CA (0,461%). Com base nessa comparação, pode-se deduzir biologicamente, que o resultado de DPD obtido no presente estudo é inconsistente se considerado que o aumento na deposição de proteína na carcaça dos suínos é um dos principais fatores que pode justificar o resultado de aumento do ganho de peso associado com a melhora na conversão alimentar (Marinho et al., 2007).

Os tratamentos não influenciaram ( $P>0,05$ ) a deposição de gordura diária (DGD) na carcaça. Frederick & Stahly (1998), estudando níveis de Pd para leitões dos 7 aos 23 kg observaram redução da DGD na carcaça dos animais em razão da elevação dos teores de Pd da ração. Trabalhando com suínos em fase de crescimento e terminação, O'Quinn et al., (1996) e Alexander et al., (2008) constataram que a deficiência de Pd nessa fase resultou em maior espessura de toucinho na altura da décima costela. No caso, as deficiências de Pd nos referidos estudos, corresponderam, respectivamente, a 75,0 e 80,0% do nível de Pd preconizado pelo NRC (1998) tanto na fase de crescimento quanto na terminação.

Os resultados dos parâmetros ósseos de suínos recebendo diferentes níveis de Pd na ração, mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros ósseos de suínos mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg em função dos níveis de fósforo disponível na ração

Variáveis	Níveis de Fósforo Disponível (%)						CV (%)
	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535	0,642	
Fósforo no osso (g/kg) <sup>1</sup>	78,42	84,17	89,85	91,85	92,44	91,67	3,35
Cálcio no osso (g/kg) <sup>2</sup>	166,67	170,00	176,83	178,17	178,00	178,00	3,76
Cinza no osso (%) <sup>1</sup>	46,57	48,52	50,97	51,92	52,46	51,52	3,39
Ca:P no osso <sup>3</sup>	2,12	2,02	1,97	1,94	1,92	1,94	-

<sup>1</sup> Efeito quadrático (P<0,01).

<sup>2</sup> Efeito linear (P<0,01).

<sup>3</sup> Relação calculada de cálcio:fósforo no osso.

Foi observado efeito (P<0,01) dos níveis de Pd sobre a quantidade de fósforo depositada nos ossos (PO) que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,525% (Figura 5). Correlação positiva entre níveis de Pd na ração e quantidade de fósforo no osso de leitões até 37 kg de peso também foi observado por Gomes et al. (1989) e por Saraiva et al. (2009).

A quantidade de cálcio no osso (CAO) aumentou (P<0,01) de forma linear, em razão dos níveis crescentes de Pd na ração. No entanto, o modelo descontínuo “Linear Response Plateau” foi o que melhor ajustou os dados, estimando em 0,359% o nível de Pd a partir do qual a CAO permaneceu em um platô (Figura 6). Estudando níveis de Pd de 0,114 a 0,649% para leitões machos castrados e fêmeas dos 15 aos 30 kg, Saraiva et al. (2009), constataram um aumento significativo na quantidade de cálcio nos ossos dos animais até o nível estimado de 0,619% de fósforo disponível.

Como nesse estudo o nível de cálcio não variou entre os tratamentos, pode se inferir que o aumento verificado na deposição de cálcio no osso em razão dos níveis crescentes de Pd, seria um indicativo da interdependência desses dois minerais na deposição óssea.

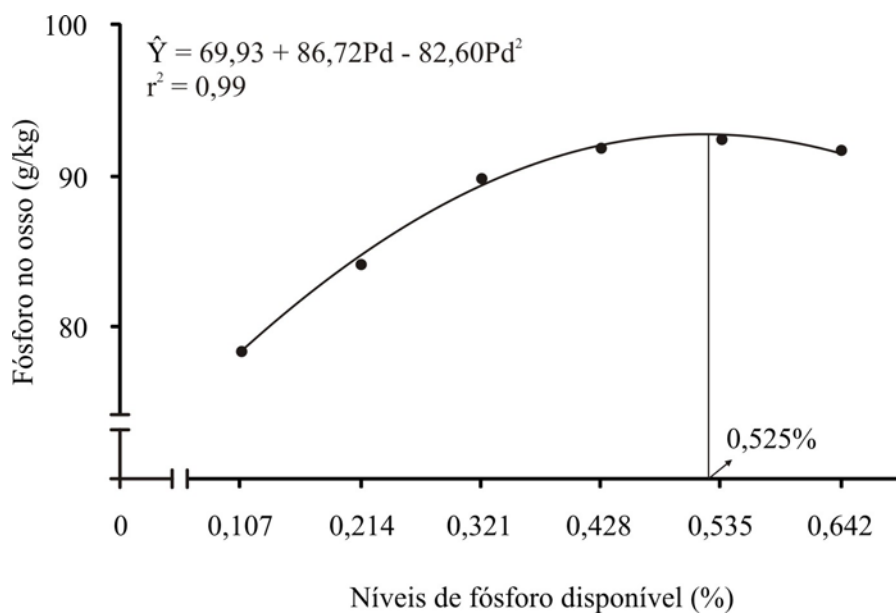


Figura 5 – Expressão gráfica da variável quantidade de fósforo no osso (g/kg) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg.

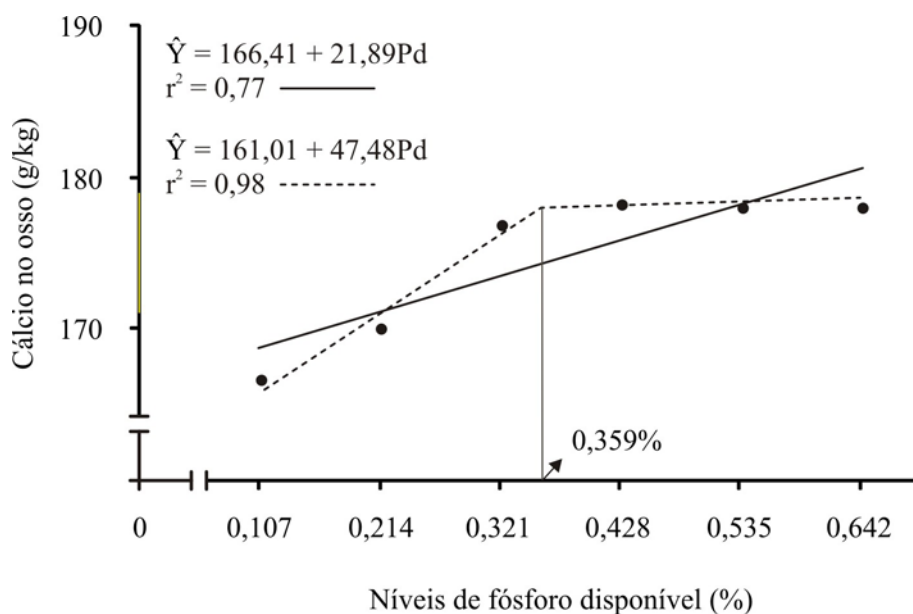


Figura 6 – Expressão gráfica da variável quantidade de cálcio no osso (g/kg) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg.

Confirmando essa hipótese foi verificado que apesar da relação cálcio:fósforo disponível na ração ter variado de 7,47:1 a 1,24:1, a relação calculada entre as quantidades de Ca:P no osso variou somente entre 1,92:1 a 2,13:1, com média entre os tratamentos de 1,99:1. Esses resultados estão coerentes com os obtidos por Fernández (1995), em estudos conduzidos para analisar o metabolismo do cálcio e do fósforo por suínos em crescimento, onde o autor verificou que independente da quantidade de fósforo consumido pelos animais, a relação Ca:P no osso não variou correspondendo a um valor próximo de 2,00:1.

A porcentagem de cinzas no osso (CO) foi influenciada ( $P < 0,01$ ) pelos níveis de Pd na ração tendo aumentado de forma quadrática até o nível estimado de 0,520% (Figura 7). Correlação positiva entre os níveis de Pd da ração e porcentagem de cinza no osso de suínos em diferentes fases de produção também foram observados por O'Quinn et al. (1997), Spencer et al. (2000) e Hastad et al. (2004). Entretanto, dados obtidos por Ketarem et al. (1993) evidenciaram que o efeito dos níveis de Pd sobre a concentração de cinza nos ossos pode variar em função do osso analisado. No caso, o teor de cinza nos ossos rádio e fêmur dos suínos aumentaram de forma linear enquanto que no metatarso a porcentagem de cinza óssea não variou em função dos níveis de Pd na ração.

Com os resultados obtidos no presente estudo ficou evidenciado que os níveis de Pd que proporcionaram os maiores valores dos parâmetros ósseos avaliados (PO, CAO e CO) ficaram consistentemente acima dos que resultaram em melhores respostas de ganho de peso e conversão alimentar. Diferentes autores (Kornegay et al., 1981; Mahan, 1982; Combs et al., 1991) também verificaram que a maior mineralização óssea ocorreu em nível de fósforo acima do necessário para maximizar o desempenho de suínos.

Essa informação pode ser especialmente interessante na formulação de rações para suínos futuros reprodutores uma vez que o emprego de dietas contendo níveis de fósforo que permitam melhor mineralização óssea desses animais durante a fase inicial de

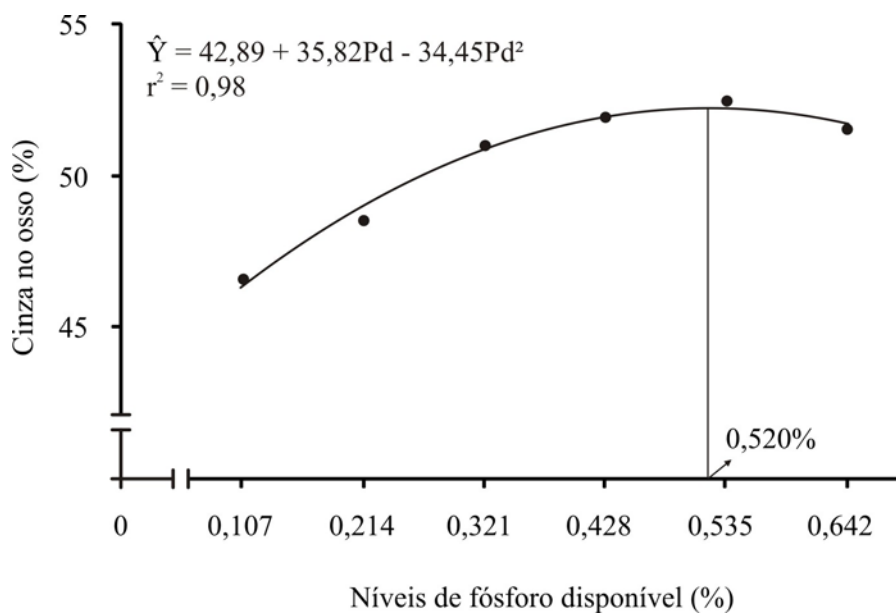


Figura 7 – Expressão gráfica da variável teor de cinza no osso (%) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg.

desenvolvimento, contribuiria, possivelmente, na redução do número de descarte precoce de reprodutores por problemas relacionados a qualidade de aprumos (Rowles, 2001).

Entretanto, apesar da exigência de fósforo para máxima mineralização óssea ser superior àquela para máximo ganho de peso e melhor conversão alimentar dos suínos (Kornegay et al., 1981; Mahan, 1982; Combs et al., 1991), tem-se preconizado formular rações para suínos que atendam a exigência de fósforo desses animais a partir do nível de fósforo exigido para máximo ganho de peso e, ou, melhor conversão alimentar (NRC, 1998; Rostagno, et al., 2005).

## **Conclusão**

A exigência de fósforo disponível de suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg, para melhores resultados de ganho de peso, conversão alimentar e parâmetros ósseos é, respectivamente, de 0,443; 0,461 e 0,525%, correspondentes a um consumo diário estimado de 5,25; 5,45 e 6,14 g de fósforo disponível e, relação cálcio:fósforo disponível de 1,81:1; 1,73:1 e 1,52:1.

## Referencias

- ALEXANDER, L.S.; QU, A.; CUTLER, S.A. et al. Response to dietary phosphorus deficiency is affected by genetic background in growing pigs. **J. Anim. Sci.** 86:2585-2595. 2008.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, v.24, p.711-714, 1981.
- CHRISTON, R. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. **J. Anim. Sci.** 66:3112-3123. 1988.
- COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; LAURENT, K.M. Feeding growing-finishing pigs to maximize lean grow rate. University of Kentucky. College of Agriculture. Disponível em: <[http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod\\_grow\\_finish.pdf](http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod_grow_finish.pdf)> 2000. Acesso em: 14/5/2007.
- COMBS, N.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D. et al. Calcium and phosphorus requirement of swine from weaning to market weight: II. Development of response curves for bone criteria and comparison of bending and shear bone testing. **J. Anim. Sci.** 69:682-693. 1991.
- DONZELE, J.L.; COSTA, P.M.A.; ROSTAGNO, H.S. et al. Efeito dos níveis de lisina na composição da carcaça de suínos de 5 a 15 kg. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.1091-1099, 1992.
- FERNÁNDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II. Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. **Livestock Production Science** 41:243-254. 1995.
- FREDERICK B.R.; STAHLY, T.S. Dietary Available Phosphorus Needs of High Lean Pigs. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <<http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1563.pdf>> 1998. Acesso em 2/8/2009
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; PEREIRA, J.A.A. et al. Exigência de fósforo total e disponível e sua disponibilidade em fosfatos de rochas para suínos na fase inicial (13 a 37 kg). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, n.1, p.64-76, 1989.
- HASTAD, C.W.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Phosphorus requirements of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. **J. Anim. Sci.**, v.82, p.2945-2952, 2004.
- HITMEIER, L.J.; GRAPES, L.; LENSING, R.L. et al. Genetic background influences metabolic response to dietary phosphorus restriction. **J. Nutr. Biochemistry**, v.17, p.385-395, 2006.

- KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; AUMAN, S.K. Dietary phosphorus and an inflammatory challenge affect performance and immune function of weaning pigs. **J. Anim. Sci.** v.79, p.413-419, 2001.
- KETAREN, P.P.; BATTERHAM, E.S.; WHITE, E. Phosphorus studies in pig. Available phosphorus requirements of grower/finisher pigs. **Br. J. Nutr.**, v.70, p.249-268, 1993.
- KORNEGAY, E.T.; THOMAS, H.R.; BAKER, J.L. Phosphorus in Swine. IV. Influence of Dietary Calcium and Phosphorus and Protein Levels on Feedlot Performance, Serum Minerals, Bone Development and Soundness Scores in Boars. **J. Anim. Sci.** 52:1070-1084. 1981.
- MAHAN, D.C. Dietary Calcium and Phosphorus Levels for Weanling Swine. **J. Anim. Sci.** 54:559-564. 1982.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. **Rev. Bras. Zootec.** v.34, n.6, p.1963-1970, 2005.
- MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Rev. Bras. Zootec.** v.36, p.1061-1068 (supl.), 2007.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. Nutrient requirements of swine. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1998. 189p.
- O'QUINN, P.R.; KNABE, D.A.; GREGG, E.J. Digestible phosphorus needs of terminal-cross growing-finishing pigs. **J. Anim. Sci.**, v.75, p.1308-1318, 1997.
- REINHARD, G.A.; MAHAN, D.C. Effect of various calcium:phosphorus ratios at low and high dietary phosphorus for starter, grower and finishing swine. **J. Anim. Sci.** v.63, p.457- 466, 1986.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186p.
- ROWLES, C. Sow Lameness. Diagnostic notes. **J Swine Health Prod.** 9(3):130–131. This article is also available online at <<http://www.aasv.org/shap.html>> 2001.
- SARAIVA, A. DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30 kg genetically selected for meat deposition. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, n.2, p.307-313, 2009.
- SHIELDS JR. R.G.; MAHAN, D.C.; GRAHAM, P.L. Changes in swine body composition from birth to 145 kg. **J. Anim. Sci.** 57:43-54. 1983.

- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SPENCER, J.D.; ALLEE, G.L.; SAUBER, T.E. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. **J. Anim. Sci.** 78:675-681. 2000.
- STAHLY, T.S.; COOK, D.R. Dietary Available Phosphorus Needs of Pigs From 13 to 70 Pounds Body Weight. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <<http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1477.pdf>> 1997. Acesso em 2/8/2009.
- STAHLY, T.S.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. Dietary Available Phosphorus Needs of High Lean Pigs Fed from 9 to 119 kg Body Weight. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>> 2000. Acesso em: 2/8/2009.
- STAHLY, T.S. Nutrient needs for high lean pigs. **Manitoba agriculture, food and rural initiatives.** Disponível em: <<http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/bab10s13.html>> Acesso em: 1/6/2007. 2001.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The Mineral Nutrition of Livestock.** 3<sup>rd</sup> edition. NY: CABI Publishing, 1999. 598 p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). 2000. **S.A.E.G. (Sistemas de análises Estatísticas e Genéticas).** Viçosa, MG (Versão 8.0).

## CAPÍTULO 2

### FÓSFORO DISPONÍVEL PARA SUÍNOS MANTIDOS EM AMBIENTE DE CALOR DOS 15 AOS 30 KG

#### Resumo

O experimento foi realizado com o objetivo de determinar a exigência de fósforo disponível (Pd) para suínos mantidos em ambiente de calor. Para tal, foram utilizados 72 leitões (36 machos castrados e 36 fêmeas), híbridos comerciais de alto potencial genético para deposição de carne, dos  $15,10 \pm 0,31$  aos  $29,09 \pm 1,93$  kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis tratamentos (0,107; 0,214; 0,321; 0,428; 0,535 e 0,642% de Pd), seis repetições e dois animais (1 macho castrado e 1 fêmea) por unidade experimental. Os suínos foram mantidos em ambiente de calor com temperatura de  $34,1 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ . Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo de ração diário. Verificou-se aumento linear no consumo de fósforo disponível diário em razão dos níveis crescentes de Pd na ração. Os tratamentos influenciaram o ganho de peso diário e a conversão alimentar que variaram de forma quadrática até os níveis de Pd estimados, respectivos, de 0,477 e 0,457%. Não se observou efeito dos tratamentos sobre a deposição diária de proteína na carcaça. Verificou-se efeito dos tratamentos sobre a quantidade de fósforo no osso que aumentou quadraticamente até o nível estimado de 0,529% de Pd. Os teores de cálcio e cinzas no osso aumentaram de forma linear em função dos níveis de Pd das rações. Conclui-se que a exigência de fósforo disponível de suínos mantidos em ambiente de calor, dos 15 aos 30 kg, para melhores resultados de ganho de peso, conversão alimentar e parâmetros ósseos é, respectivamente, de 0,477; 0,457 e 0,529%, correspondentes a consumos diários estimados respectivos de 4,75; 4,55 e 5,27 g de fósforo disponível.

**Palavras-chave:** exigência, genótipo, minerais, suínos, temperatura

## AVAILABLE PHOSPHORUS FOR PIGS KEPT IN A HOT ENVIRONMENT FROM 15 TO 30 KG

### Abstract

The experiment was conducted to determine the requirement of available phosphorus (AP) for pigs kept in a hot environment. Seventy two pigs (36 castrated males and 36 females) commercial hybrids with high genetic potential for meat deposition were used, from  $15.10 \pm 0.31$  to  $29.09 \pm 1.93$  kg, distributed in a block randomized experimental design with six treatments (0.107; 0.214; 0.321; 0.428; 0.535 and 0.642% of AP), six replicates and two animals (1 castrated male and 1 female) for each experimental unit. The pigs were kept in a hot environment with temperature of  $34.1 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ . There was no AP levels effect on the daily feed intake. The treatments influenced the daily intake of available phosphorus in a linear form. The levels of AP influenced the daily weight gain and the feed:gain ratio which increased in a quadratic form, respectively, up to the estimated levels of 0.477 and 0.457%. There was no AP levels effect on the daily protein deposition in the carcass. The treatments influenced in a quadratic form the content of phosphorus in the bone, which increased up to the estimated AP level of 0.529%. The levels of AP influenced the contents of calcium and ashes in the bone in a linear form. It was concluded that available phosphorus requirement of pigs kept in a hot environment, from 15 to 30 kg, for better results of daily weight gain, feed:gain ratio and bone parameters is, respectively, 0.477; 0.457 and 0.529% corresponding to daily available phosphorus consumption estimated on 4.75; 4.55 and 5.27 g.

**Keywords:** genotype, minerals, requirement, swine, temperature

## **Introdução**

O desempenho zootécnico dos suínos é influenciado pelo ambiente térmico em que são criados (Christon, 1988). Sendo assim, investimentos que visam melhorar aspectos relacionados ao manejo, a sanidade e, ou, a genética do rebanho se justifica se, a condição ambiental em que os suínos são explorados permite o incremento esperado na produtividade.

Suínos criados em condições tropicais tendem a ter, sobretudo em função dos efeitos da temperatura do ar, baixo desempenho zootécnico que pode ser limitado mesmo quando dietas balanceadas e, ou, genótipos mais bem adaptados às referidas condições são empregados (Rinaldo et al., 2001).

O baixo desempenho observado em suínos estressados pelo calor deve-se a redução na ingestão alimentar voluntária que se torna menor, sobretudo à medida que a temperatura média do ar se eleva (Christon, 1988).

Do ponto de vista nutricional, ingestão inadequada de ração implica em aporte também inadequado de nutrientes ao animal tendo impacto direto na taxa e na composição química do ganho corpóreo (Quiniou et al., 2000). Nesse sentido, identificar a exigência de nutrientes em condição de calor propicia formular rações que aporte uma quantidade do nutriente condizente com a capacidade de consumo de ração pelo suíno nessa condição ambiental.

Um nutriente cuja exigência constatou-se ser diferenciada em suínos de alto potencial genético é o fósforo (Saraiva et al., 2009). O fósforo é um mineral abundante no organismo animal sendo o tecido ósseo o local onde a maior parte dele (80,0%) é encontrada. Nesse tecido, juntamente com o cálcio é responsável pela formação e manutenção da estrutura óssea do organismo. O restante (cerca de 20,0%) encontra-se

distribuído entre os tecidos moles e fluidos do corpo onde desempenha varias funções orgânicas essenciais (Underwood & Suttle, 1999).

Entretanto, poucos estudos têm sido conduzidos para se determinar a exigência de fósforo disponível dos atuais genótipos suínos quando mantidos em ambientes de calor.

Nesse sentido, foi realizado um experimento com o objetivo de determinar a exigência de fósforo disponível de suínos mantidos em ambiente de calor, dos 15 aos 30 kg.

### **Material e métodos**

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais no período de janeiro a março de 2008.

Foram utilizados 72 suínos (36 machos castrados e 36 fêmeas), híbridos comerciais de alto potencial genético para deposição de carne, com peso inicial de  $15,10 \pm 0,31$  kg distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso composto por seis tratamentos (níveis de fósforo disponível), seis repetições e dois animais (1 macho castrado e 1 fêmea) por unidade experimental. A unidade experimental foi representada pela baia. Na formação dos blocos considerou-se o parentesco e o peso inicial dos leitões.

Os tratamentos, que consistiram de diferentes níveis de fósforo disponível (Pd), foram constituídos de uma ração basal e outras cinco rações obtidas pela suplementação da ração basal com fosfato bicálcico, em substituição ao caulim e ao calcário calcítico, resultando em rações experimentais com níveis de 0,107; 0,214; 0,321; 0,428; 0,535 e 0,642% de Pd, e nível de cálcio fixo em 0,800% para todos os tratamentos.

As rações experimentais foram formuladas para atenderem ou excederem às exigências nutricionais de suínos em fase inicial de crescimento (15 a 30 kg), exceto para o fósforo disponível, tomando como base as necessidades nutricionais de suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior propostas por Rostagno et al. (2005). Os aminoácidos industriais foram adicionados mantendo-se as relações com a lisina digestível preconizadas por Rostagno et al. (2005), segundo o conceito de proteína ideal. As composições das rações experimentais podem ser visualizadas na Tabela 1.

As rações experimentais e a água foram fornecidas à vontade aos animais.

Os animais foram alojados em gaiolas metálicas suspensas, com piso e laterais teladas, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, localizadas em sala climatizada. A temperatura interna da sala foi mantida constante por meio de aquecedores elétricos e aparelhos de ar condicionado de 18000 BTU, ligados a um termostato regulado para temperatura de 34°C.

As condições ambientais no interior da sala experimental foram monitoradas e registradas, uma vez ao dia (às 7h) por meio de termômetros de mínima e máxima e, três vezes ao dia (às 7h, 13h e 18h) por meio de termômetros de bulbo seco e úmido e de globo negro que foram mantidos em uma gaiola vazia no centro da sala, a uma altura correspondente a meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram, posteriormente, convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981), para caracterização do ambiente.

No primeiro dia do período experimental cada suíno recebeu 0,5 mL de um vermífugo comercial a base de ivermectina (1%) que foi aplicado por via subcutânea.

Os animais permaneceram no experimento até atingirem peso de  $29,09 \pm 1,93$  kg quando permaneceram em jejum alimentar por 24 horas. Após o jejum, um animal de cada unidade experimental, com o peso final mais próximo dos 30 kg foi abatido por

Tabela 1 – Composições centesimais e nutricionais calculadas das rações experimentais

Ingredientes	Níveis de fósforo disponível (%)					
	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535	0,642
Milho grão moído	62,011	62,011	62,011	62,011	62,011	62,011
Farelo de soja 45%	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000
Óleo soja	1,810	1,810	1,810	1,810	1,810	1,810
Fosfato bicálcico	-	0,577	1,156	1,734	2,312	2,891
Calcário	1,837	1,467	1,098	0,730	0,360	-
Caulim	1,200	0,993	0,783	0,573	0,365	0,146
Sal Comum Refinado	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Premix Vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sulfato de Colistina <sup>3</sup>	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Fosfato de Tilosina <sup>4</sup>	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
L-Lisina HCl (78%)	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282
DL-metionina (99%)	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073
L-Treonina (98%)	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
Antioxidante (BHT)	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Composição nutricional calculada						
EM (kcal/kg)	3250	3250	3250	3250	3250	3250
Proteína bruta (%)	19,98	19,98	19,98	19,98	19,98	19,98
Lisina digestível (%)	1,146	1,146	1,146	1,146	1,146	1,146
Met + Cist. digestível (%)	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641
Treonina digestível (%)	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cálcio (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
P total analisado (%) <sup>5</sup>	0,344	0,440	0,546	0,690	0,782	0,821
P disponível (%)	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535	0,642
Relação cálcio:fósforo disponível	7,48	3,73	2,49	1,87	1,50	1,25

<sup>1</sup> Contendo por kg: 8.000.000 UI de Vitamina A; 2.000.000 UI de Vitamina D3; 10.000 mg de Vitamina E; 1.500 mg de Vitamina K3; 20.000 mg de Vitamina B12; 5.000 mg de Vitamina B2; 50 mg de Biotina; 12.000 mg de Pantotenato de Cálcio; 25.000 mg de Niacina; 30.000 mg de Antioxidante; 1.500 mg de Vitamina B1; 2.000 mg de Vitamina B6; 800 mg de Ácido fólico; 320 mg de Selênio e Veículo q.s.p. 1.000 g.

<sup>2</sup> Contendo por kg: 100.000 mg de Ferro; 30.000 mg de Cobre; 70.000 mg de Manganês; 160.000 mg de Zinco; 1900 mg de Iodo e Veículo q.s.p. 1000 g.

<sup>3</sup> Contendo por kg: 80.000 mg de Colistina e Veículo q.s.p. 1000 g.

<sup>4</sup> Contendo por kg: 400.000 mg de Tilosina e Veículo q.s.p. 1000g

<sup>5</sup> Analisado na Rodes Análises Químicas (Cajati-SP) por meio de espectrofotometria no ultravioleta-visível (UV-VIS).

sangramento após atordoamento. Em seguida, procedeu-se a abertura e evisceração das carcaças.

Um grupo adicional de cinco leitões com peso de  $15,55 \pm 0,75$  kg foi abatido segundo o mesmo procedimento utilizado para os animais do experimento, para determinação da composição inicial da carcaça.

As carcaças inteiras, evisceradas e sem sangue dos animais abatidos foram divididas longitudinalmente ao meio e a metade esquerda de cada carcaça (incluindo cabeça e pés) foi triturada por 15 minutos em "cutter" comercial de 30 HP e 1775 rotações por minuto. Após homogeneização do material triturado, foram retiradas amostras das carcaças, que foram estocadas em freezer a -12°C.

Posteriormente, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente por um período de 24 horas e em seguida, submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72 horas. Em razão da alta concentração de gordura do material foi realizado um pré desengorduramento a quente, em extrator "Soxhlet" por quatro horas. As amostras pré-secadas e pré-desengorduradas foram moídas em moinho de bola e acondicionadas em vidros identificados, para posteriores análises laboratoriais. Foi considerada a água e a gordura retirada no preparo das amostras, para se fazer a correção dos valores das análises subseqüentes.

As análises bromatológicas de proteína e de extrato etéreo das amostras de carcaças foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002).

As deposições de proteína e gordura na carcaça foram medidas por critérios comparativos entre as carcaças de animais contemporâneos abatidos com peso de  $15,55 \pm 0,75$  kg e animais abatidos ao final do experimento, de acordo com a metodologia proposta por Donzele et al. (1992).

A pata anterior direita de cada animal abatido foi coletada e colocada em recipiente de alumínio contendo água onde foram fervidas até o amolecimento da pele e da carne que envolve os ossos para retirada do terceiro osso metacarpiano.

Os metacarpos foram mantidos em freezer a  $-12^{\circ}\text{C}$  e posteriormente colocados em estufa ventilada a  $65^{\circ}\text{C}$  por um período de 72 horas, submetidos à prensagem mecânica e desengordurados em extrator Soxhlet por três horas. Após, foram novamente levados à estufa ventilada a  $65^{\circ}\text{C}$  por um período de 24 horas e, em seguida, moídos em moinho de bola.

A determinação do teor de fósforo das rações experimentais, bem como das concentrações de cálcio, fósforo e cinzas nos ossos foi realizada no Laboratório da Rodes Análises Químicas, em Cajati – São Paulo.

As variáveis avaliadas foram: os consumos de ração e fósforo disponível diários, o ganho de peso diário, a conversão alimentar, as quantidades de cálcio, fósforo e cinzas no osso e as deposições de proteína e gordura diárias na carcaça dos animais.

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância em nível de 5% de significância e de regressão, utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2000), versão 8.0. a exigência de fósforo disponível foi obtida com base nos resultados de ganho de peso diário, conversão alimentar, deposição de proteína diária na carcaça e parâmetros ósseos utilizando-se os modelos de regressão linear, quadrática e, ou, descontínuo “Linear Response Plateau” conforme o melhor ajuste do modelo obtido para cada variável estudada.

## Resultados e discussão

Durante o período experimental a temperatura interna da sala foi mantida em  $34,1 \pm 0,8^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar em  $70,1 \pm 8,1\%$  e a temperatura de globo negro em  $35,2 \pm 0,7^\circ\text{C}$  com o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) calculado correspondendo a  $86,7 \pm 1,1$ . Pode-se inferir com base nos valores de temperatura do ar média ( $34,1^\circ\text{C}$ ) e do ITGU (86,7) que os animais foram expostos a estresse por calor, se considerado que a faixa de termoneutralidade para essa categoria animal corresponde entre 18 a  $28^\circ\text{C}$  (Coffey et al., 2000) e que o valor de ITGU acima de 80,0 (Campos et al., 2008) caracteriza ambiente de calor.

Os resultados de desempenho, de consumo de fósforo disponível (Pd) e das deposições de proteína e gordura diárias na carcaça de suínos recebendo diferentes níveis de Pd na ração, mantidos em ambiente de calor dos 15 aos 30 kg encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de desempenho e das deposições de proteína e de gordura na carcaça de suínos mantidos em ambiente de calor dos 15 aos 30 kg em função dos níveis de fósforo disponível na ração

Variáveis	Níveis de fósforo disponível (%)						CV (%)
	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535	0,642	
Consumo de ração (g/dia)	937	962	1006	1073	957	1043	9,25
Consumo de Pd (g/dia) <sup>1</sup>	1,00	2,06	3,23	4,59	5,12	6,70	9,10
Ganho de peso (g/dia) <sup>2</sup>	465	531	574	641	551	594	8,97
Conversão alimentar (g/g) <sup>2</sup>	2,01	1,81	1,75	1,68	1,74	1,76	5,17
Deposição na carcaça (g/dia)							
Proteína	72,40	72,84	77,66	82,62	67,20	81,07	12,15
Gordura	61,26	59,23	61,54	67,36	69,72	58,73	19,04

<sup>1</sup> Efeito linear ( $P < 0,01$ ).

<sup>2</sup> Efeito quadrático ( $P < 0,01$ ).

Os níveis de Pd não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o consumo de ração diário (CRD) dos animais. Tendo como referencia os resultados obtidos por Saraiva et al. (2009) que

verificaram variação significativa no CRD de suínos de mesma genética e faixa de peso devido ao aumento do nível de Pd da ração em ambiente de termoneutralidade (19,5 a 28,3°C), pode-se deduzir que o ambiente térmico a que os animais são expostos influencia o padrão de resposta de consumo aos níveis de Pd da ração.

Provavelmente essa alteração de resposta de consumo de ração entre os ambientes térmicos esta relacionada ao fato de que suínos expostos a ambiente de alta temperatura apresentam redução significativa do consumo voluntario de alimento, independente dos seus níveis nutricionais. De acordo com Collin et al. (2001), suínos com peso médio de 20 kg apresentam redução gradativa no CRD entre 25 e 33°C e que, em temperatura acima de 33°C, a diminuição na ingestão de alimento é sensivelmente acentuada.

Confirmando essa proposição o valor do CRD (996 g/dia) dos animais nesse estudo foi 21,0% inferior ao calculado dos valores (1206 g/dia) obtidos por Saraiva et al. (2009).

O consumo de fósforo disponível diário aumentou ( $P < 0,01$ ) de forma linear em razão da elevação do nível de Pd da ração segundo a equação:  $\hat{Y} = - 0,13 + 10,40Pd$  ( $r^2 = 0,99$ ). Como não se verificou variação significativa no consumo voluntario de ração dos animais conclui-se que o aumento da ingestão de Pd diário ocorreu em razão da concentração deste mineral na ração. Avaliando níveis de Pd na ração de suínos machos castrados e fêmeas dos 9 aos 37 kg e dos 15 aos 30 kg, Stahly et al. (2000) e Saraiva et al. (2009) também constataram aumento linear no consumo de fósforo disponível diário em razão da elevação do teor de Pd da ração.

Foi verificado efeito ( $P < 0,01$ ) dos níveis de Pd sobre o ganho de peso diário (GPD), que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,477% (Figura 1). Esse resultado está consistente com os obtidos por Stahly et al. (2000) que constataram efeito positivo dos níveis de Pd da ração sobre a taxa de crescimento de suínos machos castrados e fêmeas dos 9 aos 37 kg até o nível estimado de 0,480%.

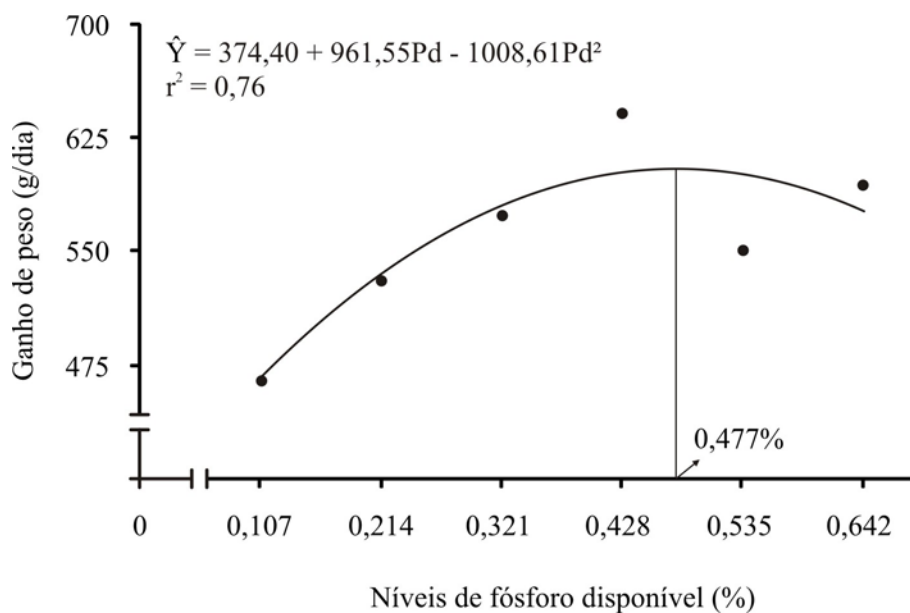


Figura 1 – Expressão gráfica da variável ganho de peso (g/dia) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente de calor dos 15 aos 30 kg.

Em estudos com suínos machos castrados e machos castrados e fêmeas até 30 kg Stahly & Cook (1997) e Saraiva et al. (2009) também observaram melhora no GPD dos animais em razão do aumento dos níveis de Pd da ração, no entanto, os melhores resultados foram obtidos nos níveis respectivos, de 0,500 e de 0,509% de Pd na ração.

A inconsistência de resultados entre os estudos quanto aos valores de Pd que proporcionaram os melhores resultados de GPD pode estar relacionada a fatores como genética dos animais quanto ao potencial de crescimento e ambiente térmico.

Hittmeier et al. (2006) avaliando níveis de fósforo disponível em rações para suínos de diferentes potenciais de crescimento dos 28 aos 42 dias de idade, verificaram que o potencial genético dos animais interage com o teor de Pd da ração resultando em ganhos de peso diário que são genótipo específicos.

Quanto ao efeito do ambiente térmico Manno et al. (2005) constataram que suínos geneticamente semelhantes alimentados com a mesma ração dos 15 aos 30 kg tiveram GPD

28,2% inferior quando mantidos em ambiente com temperatura média de 34,2°C comparado aos animais do ambiente termoneutro (22,7°C).

A conversão alimentar (CA) dos animais foi influenciada ( $P < 0,01$ ) pelos níveis de Pd da ração melhorando até o nível estimado de 0,457% (Figura 2). Trabalhando com suínos na fase inicial de crescimento, Saraiva et al. (2009) verificaram efeito positivo dos níveis de Pd da ração sobre a CA dos animais que melhorou de forma quadrática até o nível estimado de 0,477% de Pd na ração.

Entretanto, os resultados de CA obtidos nesse estudo diferem dos encontrados por Kegley et al. (2001) que não observaram efeito significativo dos níveis de Pd estudados sobre a CA de leitões dos 6 aos 17 kg.

Como melhora na CA normalmente esta relacionada a possível mudança na composição do ganho de peso do animal com aumento na proporção de proteína pode-se deduzir que variação na genética dos suínos quanto a capacidade de deposição de carne na carcaça justifica a diferença de resultados entre os trabalhos.

Verificou-se que os consumos diários de fósforo disponível de 4,75 e de 4,55 g, obtidos nos níveis de Pd estimados respectivos de 0,477 e de 0,457% proporcionaram no presente estudo, respectivamente, o melhor resultado de GPD e de CA. Entretanto, estes consumos são inferiores aos observados em suínos mantidos em ambiente termoneutro (Capítulo 1) que foram de 5,25 e de 5,45 g/dia de Pd, respectivamente, para melhor resposta de GPD e de CA. Esses resultados podem ser um indicativo de que suínos mantidos em ambiente de calor têm menor exigência absoluta de fósforo disponível. Constatação semelhante foi relatada por Persia et al., (2003) em um estudo com frangos em crescimento. Segundo os autores, a menor exigência de fósforo nas aves mantidas em ambiente de calor ocorreu provavelmente, em razão da alta temperatura limitar o desenvolvimento das aves. Em outro estudo também com frangos em crescimento,

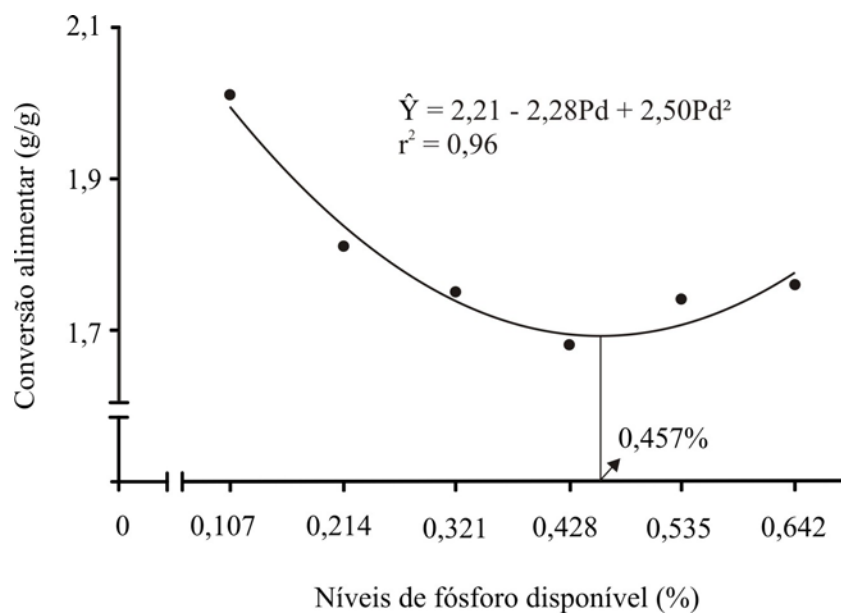


Figura 2 – Expressão gráfica da variável conversão alimentar (g/g) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos em ambiente de calor dos 15 aos 30 kg.

Belay et al., (1992), constataram que aves estressadas por calor tem menor retenção corporal de fósforo em razão do aumento da excreção desse mineral via urina e da redução na absorção de fósforo pelo trato gastrointestinal das aves. Considerando os resultados obtidos por Belay et al., (1992) e Persia et al., (2003), pode-se deduzir que suínos mantidos em ambiente de calor têm menor exigência de fósforo disponível absoluta devido, possivelmente, a menores taxa de crescimento diário e retenção corporal de fósforo.

Com base nos consumos diários de fósforo disponível de 4,75 e 4,55 g, correspondentes a níveis de Pd estimados respectivos de 0,477 e 0,457%, que proporcionaram nesse estudo, respectivamente, o melhor resultado de GPD e de CA fica evidenciado que os níveis de 3,74 e de 4,40 g de fósforo disponível por dia preconizados, respectivamente, pelo NRC (1998) e por Rostagno et al. (2005) podem não ser suficientes para atender as exigências dos atuais genótipos suínos na fase inicial de crescimento (15 aos 30 kg), mantidos em ambiente de calor.

Os níveis de Pd não influenciaram ( $P>0,05$ ) as deposições diárias de proteína (DPD) e de gordura (DGD) na carcaça. Esses resultados diferiram daqueles obtidos por Frederick & Stahly (1998), que estudando níveis de fósforo disponível para suínos na fase inicial de crescimento observaram aumento na DPD e redução na DGD na carcaça em razão da elevação dos níveis de Pd da ração.

Apesar de não ter ocorrido variação significativa foi constatado aumento de 14,1% na DPD entre os níveis de 0,107 ao de 0,428% de Pd. Esse resultado estaria coerente com a melhora verificada na conversão alimentar dos animais entre esses níveis de Pd avaliados.

Os resultados de parâmetros ósseos de suínos recebendo diferentes níveis de Pd na ração, mantidos em ambiente de calor dos 15 aos 30 kg encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros ósseos de suínos mantidos em ambiente de calor dos 15 aos 30 kg em função dos níveis de fósforo disponível na ração

Variáveis	Níveis de fósforo disponível (%)						CV (%)
	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535	0,642	
Fósforo no osso (g/kg) <sup>1</sup>	78,73	83,15	88,97	90,32	91,32	90,25	2,12
Cálcio no osso (g/kg) <sup>2</sup>	162,50	176,67	178,33	180,33	184,00	183,50	5,20
Cinza no osso (%) <sup>2</sup>	45,78	47,69	50,63	50,72	50,66	50,45	2,44
Ca:P no osso <sup>3</sup>	2,06	2,12	2,00	2,00	2,01	2,03	-

<sup>1</sup> Efeito quadrático ( $P<0,01$ ).

<sup>2</sup> Efeito linear ( $P<0,01$ ).

<sup>3</sup> Relação calculada de cálcio:fósforo no osso.

A quantidade de fósforo depositada nos ossos (PO) foi influenciada ( $P<0,01$ ) pelos níveis de Pd estudados a qual aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,529% de Pd na ração (Figura 3). Estudando a influência de níveis de Pd sobre os teores de fósforo no osso de suínos dos 13 aos 37 kg e dos 15 aos 30 kg, respectivamente, Gomes et al. (1989) e Saraiva et al. (2009) também observaram que a quantidade de PO aumentou de forma quadrática em razão da elevação dos níveis de Pd das rações até os níveis de 0,520 e 0,596%.

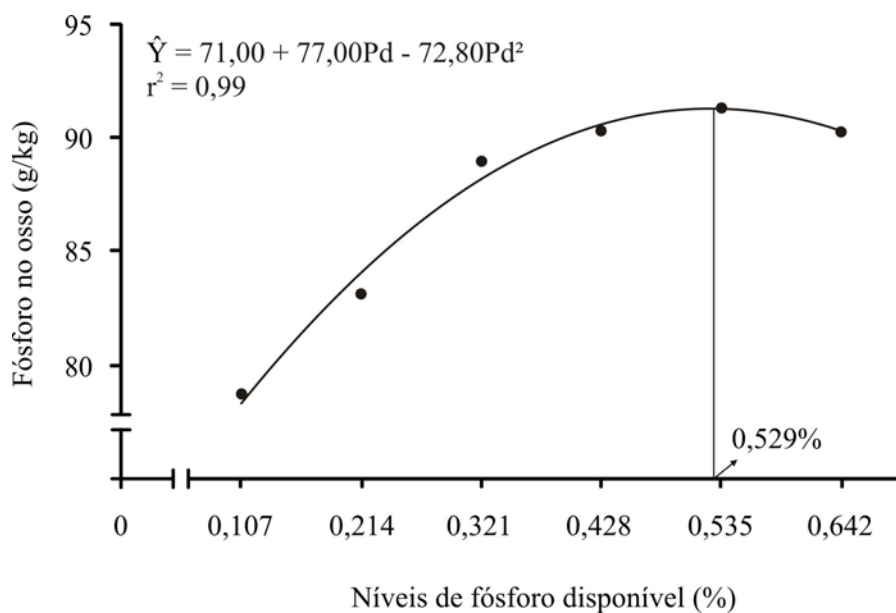


Figura 3 – Expressão gráfica da variável quantidade de fósforo no osso (g/kg) em função dos níveis de fósforo disponível das dietas de suínos mantidos no calor dos 15 aos 30 kg.

Constatou-se efeito ( $P < 0,01$ ) dos níveis de Pd sobre a quantidade de cálcio no osso (CAO) que aumentou de forma linear segundo a equação:  $\hat{Y} = 164,66 + 34,44Pd$  ( $r^2 = 0,73$ ). Aumento significativo na CAO de leitões machos castrados e fêmeas dos 15 aos 30 kg em razão da elevação dos níveis de Pd da ração também foi verificado por Saraiva et al. (2009), até o nível de 0,619%.

Analisando o metabolismo do cálcio e do fósforo de suínos em crescimento Fernández (1995), verificou que a relação cálcio:fósforo no osso dos suínos independe da quantidade de fósforo consumido pelos animais tendendo a ser constante e próximo de 2,00:1. De maneira coerente a essa constatação, observou-se no presente estudo que embora a relação cálcio:fósforo (Ca:P) da ração tenha variado de 7,47 a 1,24, a relação calculada entre as quantidades de Ca:P no osso variou somente entre 2,00 e 2,12. Assim, pode-se deduzir que existe uma proporcionalidade de cálcio e fósforo depositados no osso, que parece não se alterar com o nível desses minerais na ração.

As menores quantidades de cálcio e de fósforo verificadas nos ossos dos animais que consumiram rações com menores níveis de Pd indicam uma menor mineralização do esqueleto, provavelmente devido à quantidade insuficiente de fósforo das rações. Essa proposição é fundamentada com base nos resultados de Eeckhout et al. (1995) que constataram efeito negativo de uma ampla relação cálcio:fósforo da ração sobre a mineralização óssea de suínos em crescimento e terminação e, que foi ainda mais afetada quando os níveis de fósforo dietéticos foram mínimos (0,11%). Conforme esses mesmos autores, esse fato, provavelmente, está associado, dentre outros fatores, a uma possível menor absorção de fósforo pelo animal em razão da elevada relação entre os minerais.

De acordo com NRC (1998), a exigência de fósforo para o máximo desenvolvimento ósseo é de aproximadamente 0,1% superior à exigência para máximo ganho de peso. Com os resultados obtidos nesse estudo ficou evidenciado que os níveis de Pd que proporcionaram os maiores valores de fósforo e de cálcio no osso (0,529%) ficaram consistentemente acima dos que resultaram em melhor resposta de ganho de peso e conversão alimentar (respectivamente, 0,477 e 0,457%). De maneira semelhante, Kornegay et al. (1981), Mahan (1982) e Combs et al. (1991) também verificaram que a maior mineralização óssea ocorreu em nível de fósforo acima do necessário para maximizar o desempenho de suínos. No entanto, apesar da exigência de fósforo para máximo desenvolvimento ósseo ocorrer em nível superior àquele para máximo ganho de peso e melhor conversão alimentar dos suínos, tem-se preconizado formular rações para suínos que atendam a exigência de fósforo desses animais a partir do nível de fósforo exigido para máximo ganho de peso e, ou, melhor conversão alimentar (NRC, 1998; Rostagno, et al., 2005).

A porcentagem de cinzas no osso (CO) aumentou ( $P < 0,01$ ) de forma linear, em razão dos níveis crescentes de Pd nas rações. No entanto, o modelo descontínuo “Linear

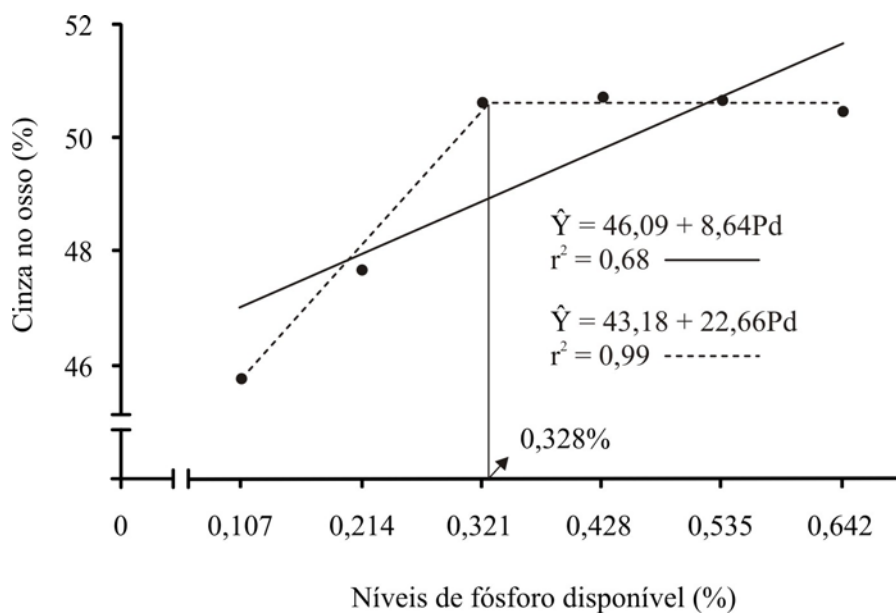


Figura 4 – Efeito dos níveis de fósforo disponível na ração sobre o teor de cinza no osso (%) de suínos dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de calor

Response Plateau” foi o que melhor ajustou os dados, estimando em 0,328% o nível de Pd a partir do qual a CO permaneceu em um platô (Figura 4). Este resultado esta coerente com os obtidos por O’Quinn et al. (1997), Spencer et al. (2000) e Hastad et al. (2004) que também constataram aumento na porcentagem de cinza no osso em razão de níveis crescentes de Pd na ração de suínos em diferentes fases de produção.

Apesar da similaridade dos resultados verificada entre estudos quanto aos efeitos positivos dos níveis de fósforo disponível sobre a concentração de cinza nos ossos dos suínos, estudos conduzidos por Ketarem et al. (1993) sugeriram que o osso analisado é um fator que pode ocasionar respostas diferenciadas aos níveis de fósforo estudados. Esses autores observaram que os níveis de fósforo da dieta que não alteraram a porcentagem de cinza no osso metatarso, proporcionaram, no entanto, variação significativa no teor de cinza dos ossos rádio e fêmur. De maneira semelhante, Cromwell et al. (1970), em um estudo com suínos em crescimento também observaram maior redução no percentual de cinza do osso da concha nasal comparado ao metacarpo quando o nível de fósforo da ração foi reduzido. Conforme os autores, esses resultados sugerem que o osso da concha nasal é

mais sensível à deficiência de fósforo quando comparados a outros tipos ósseos e, portanto, mais adequado para ser utilizado na estimativa da exigência de Pd dos suínos, com base em parâmetros de osso.

## **Conclusão**

A exigência de fósforo disponível de suínos mantidos em ambiente de calor, dos 15 aos 30 kg, para melhores resultados de ganho de peso diário, conversão alimentar e parâmetros ósseos é, respectivamente, de 0,477; 0,457 e 0,529%, correspondente a um consumo diário estimado respectivo de 4,75; 4,55 e 5,27 g de fósforo disponível e, relação cálcio:fósforo disponível de 1,68:1; 1,75:1 e 1,51:1.

## Referencias

- BELAY, T.C.; WIERNUSZ, C.J.; TEETER, R.G. Mineral balance and urinary and fecal mineral excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heatdistressed environments. **Poultry Science**, v.71, p.1043-1047, 1992.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, v.24, p.711-714, 1981.
- CAMPOS, J.A.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C. et al. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, 55(3):187-193. 2008.
- CHRISTON, R. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. **J. Anim. Sci.** 66:3112-3123. 1988.
- COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; LAURENT, K.M. Feeding growing-finishing pigs to maximize lean grow rate. University of Kentucky. College of Agriculture. Disponível em:<[http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod\\_grow\\_finish.pdf](http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod_grow_finish.pdf)> 2000. Acesso em: 14/5/2007.
- COLLIN, A.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Effect of high temperature on feeding behavior and heat production in group-housed young pigs. **British Journal of Nutrition**. 86:63-70. 2001.
- COMBS, N.R.; KORNEGAY, E.T.; LINDEMANN, M.D. et al. Calcium and phosphorus requirement of swine from weaning to market weight: II. Development of response curves for bone criteria and comparison of bending and shear bone testing. **J. Anim. Sci.** 69:682-693. 1991.
- CROMWELL, G.L.; HAYS, V.W.; CHANEY, C.H. et al. Effects of dietary phosphorus and calcium levels on performance, bone mineralization and carcass characteristics of swine. **J. Anim. Sci.**, v.30, p.519, 1970.
- DONZELE, J.L.; COSTA, P.M.A.; ROSTAGNO, H.S. et al. Efeito dos níveis de lisina na composição da carcaça de suínos de 5 a 15 kg. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.1091-1099, 1992.
- ECKHOUT, W.; PAEPE, M.; WARNANTS, N. et al. An estimation of the minimal P requirements for growing-finishing pigs, as influenced by the Ca level of the diet. **Anim. Feed Sci. Technology**, v.52, p.29-40, 1995.
- FERNÁNDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II. Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. **Livestock Production Science** 41:243-254. 1995.

- FREDERICK B.R.; STAHLY, T.S. Dietary Available Phosphorus Needs of High Lean Pigs. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <<http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1563.pdf>> 1998. Acesso em 2/8/2009
- GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; PEREIRA, J.A.A. et al. Exigência de fósforo total e disponível e sua disponibilidade em fosfatos de rochas para suínos na fase inicial (13 a 37 kg). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, n.1, p.64-76,1989.
- HASTAD, C.W.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Phosphorus requirements of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. **J. Anim. Sci.**, v.82, p.2945-2952, 2004.
- HITTEMEIER, L.J.; GRAPES, L.; LENSING, R.L. et al. Genetic background influences metabolic response to dietary phosphorus restriction. **J. Nutr. Biochemistry**, v.17, p.385-395, 2006.
- KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; AUMAN, S.K. Dietary phosphorus and an inflammatory challenge affect performance and immune function of weaning pigs. **J. Anim. Sci.** v.79, p.413-419, 2001.
- KETAREN, P.P.; BATTERHAM, E.S.; WHITE, E. Phosphorus studies in pig. Available phosphorus requirements of grower/finisher pigs. **Br. J. Nutr.**, v.70, p.249-268, 1993.
- KORNEGAY, E.T.; THOMAS, H.R.; BAKER, J.L. Phosphorus in Swine. IV. Influence of Dietary Calcium and Phosphorus and Protein Levels on Feedlot Performance, Serum Minerals, Bone Development and Soundness Scores in Boars. **J. Anim. Sci.** 52:1070-1084. 1981.
- MAHAN, D.C. Dietary Calcium and Phosphorus Levels for Weanling Swine. **J. Anim. Sci.** 54:559-564. 1982.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. **Rev. Bras. Zootec.** v.34, n.6, p.1963-1970, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. Nutrient requirements of swine. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1998. 189p.
- O’QUINN, P.R.; KNABE, D.A.; GREGG, E.J. Digestible phosphorus needs of terminal-cross growing-finishing pigs. **J. Anim. Sci.**, v.75, p.1308-1318, 1997.
- PERSIA, M.E; PARSONS, C.M.; KOELKEBECK, K.W. Interrelationship between environmental temperature and dietary nonphytate phosphorus in chicks. **Poultry Science**, v.82, p.1616-1623, 2003.
- QUINIQUO, N.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight **Livestock Production Science** 63, 245–253. 2000.

- RINALDO, D.; DIVIDICH, J. Le; NOBLET, J. Adverse effects of tropical climate on voluntary feed intake and performance of growing pigs. **Livestock Production Science**, 66:223–234. 2000.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 186p.
- SARAIVA, A. DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30 kg genetically selected for meat deposition. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, n.2, p.307-313, 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 235p. 2002.
- SPENCER, J.D.; ALLEE, G.L.; SAUBER, T.E. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. **J. Anim. Sci.** 78:675-681. 2000.
- STAHLY, T.S.; COOK, D.R. Dietary Available Phosphorus Needs of Pigs From 13 to 70 Pounds Body Weight. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <<http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1477.pdf>> 1997. Acesso em 2/8/2009.
- STAHLY, T.S.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. Dietary Available Phosphorus Needs of High Lean Pigs Fed from 9 to 119 kg Body Weight. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/reports/00swinereports/asl-655.pdf>> 2000. Acesso em: 2/8/2009.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3<sup>rd</sup> edition. NY: CABI Publishing, 1999. 598 p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). 2000. **S.A.E.G. (Sistemas de análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa, MG (Versão 8.0).

## CONCLUSÕES GERAIS

Foram realizados dois experimentos com o objetivo de determinar a exigência de fósforo disponível para suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos dos 15 aos 30 kg. Conclui-se que:

- suínos mantidos em ambiente termoneutro, dos 15 aos 30 kg exigem para melhores resultados de ganho de peso diário, conversão alimentar e parâmetros ósseos, respectivamente, 0,443; 0,461 e 0,525% de fósforo disponível na dieta, correspondendo a consumos diários estimados respectivos de 5,25; 5,45 e 6,14 g de fósforo disponível e, relações cálcio:fósforo disponível respectivos de 1,81:1; 1,73:1 e 1,52:1.

- suínos mantidos em ambiente de calor, dos 15 aos 30 kg exigem para melhores resultados de ganho de peso, conversão alimentar e parâmetros ósseos, respectivamente, 0,477; 0,457 e 0,529% de fósforo disponível na dieta, correspondendo a consumos diários estimados respectivos de 4,75; 4,55 e 5,27 g de fósforo disponível e, relações cálcio:fósforo disponível respectivos de 1,68:1; 1,75:1 e 1,51:1.